电气设备

2018 年 05 月 22 日

金风科技 (002202)

——从技术进步看公司“两海”战略发展

报告原因：强调原有的投资评级

买入（维持）

市场数据：	2018 年 05 月 21 日
收盘价（元）	17.52
一年内最高/最低（元）	20/11.38
市净率	2.7
息率（分红/股价）	-
流通 A 股市值（百万元）	49140
上证指数/深证成指	3213.84/10765.35

注：“息率”以最近一年已公布分红计算

基础数据：	2018 年 03 月 31 日
每股净资产（元）	6.43
资产负债率%	66.76
总股本/流通 A 股(百万)	3556/2805
流通 B 股/H 股（百万）	-/650

一年内股价与大盘对比走势：

相关研究

证券分析师
韩启明 A0230516080005
hanqm@swsresearch.com
刘晓宁 A0230511120002
liuxn@swsresearch.com
郑嘉伟 A0230518010002
zhengjw@swsresearch.com

研究支持
张雷 A0230117040007
zhanglei@swsresearch.com

联系人
宋欢
(8621)23297818×7409
songhuan@swsresearch.com

申万宏源研究微信服务号

投资要点：

- **公司专注研发直驱永磁风电机组，市占率全球领先。**公司是专注研发直驱永磁风电机组，是国内首家具有自主知识产权的风机企业，经过十余年发展，公司逐步成长为国内领军和全球领先的风电整体解决方案提供商，国内市占率不断提升，常年稳占第一，2017 年国内新增装机约 27%；全球市占率第三，占比约 11%。目前公司拥有自主知识产权的 1.5MW、2.0MW、2.5MW、3.0MW、6.0MW 永磁直驱系列化机组，覆盖陆上、海上不同风能资源区市场需求，研发出适合高温、低温、高海拔、潮湿、防沙、低风速、超低风速等不同细分领域的风机，公司各风机系列平台基本实现风力范围全覆盖。

- **公司长期布局低风速领域，加码低风速领域抢占市场先机。**随着我国低风速发展趋势确定，低风速机组需求增长。受益于直驱永磁技术，低风速机组性能优势凸显，公司竞争优势显著。公司长期布局低风速领域，顺应市场需求变化，实现了低风速风机全谱系覆盖；同时依托先进的研究平台，自主研发配套的塔架、叶片提高发电效率。通过“混合单机容量、混合轮毂高度、混合叶片直径”等排列组合方式，满足客户的个性化需求，完善细分产品的谱系和精准的产品定位。

- **持续发力海上风电市场，海外市场开拓成果显著。**2017 年海上风电全面启动，国内外企业纷纷布局大兆瓦海上风电机组。公司十年探索海上风电，积累经验攻克技术难关，在原有的 3.X(MW)海上产品平台基础上，于 2017 年推出新一代海上大兆瓦产品——GW6.X 平台及整体解决方案。同时，公司海外业务进入收获期，海外业务实现营业收入 20.9 亿元，同比下降 5.5%。公司海外市场新增开发及储备项目容量创历史新高，截止至 18Q1 公司海外在建及待开发项目容量达到 1.8GW，在手国际订单 813GW，国际业务遍布六大洲。今年以来公司成功开发了美国 RattleSnake、澳洲 StockyardHill，通过 LomaBlanca 项目开拓阿根廷市场，中亚、南美、东欧市场成为海外业务新亮点。

- **多元化夯实金风根基，专业化协作布局产业链后端。**风电行业经过十余年的快速发展，行业竞争逐步由产业链前端向后端转移，后服务市场正逐步释放巨大的市场空间。公司积极开拓风电场开发、风电服务业务等盈利模式，转型风电整体解决方案提供商。同时，公司技术革新把握行业前沿技术，紧随智能化、共享化、集中化的行业发展趋势，投资建设了金风大数据平台、金风新能源气象数据资产管理平台、金风全球监控中心、全生命周期资产管理系统、大数据预警系统等智能服务支撑平台，利用先进的信息化技术，提供全面的智慧运维服务，提高风电项目收益。

- **维持盈利预测，维持“买入”评级：**随着风电度电成本降低，风电发展有望打破行业发展周期性，进入平价上网新时代，公司作为风机制造的领导者，有望继续领跑整个行业。预计公司 18-20 年实现归母净利润 40.54、50.09、64.64 亿元，对应的 EPS 分别为 1.13、1.40、1.81 元/股，当前股价对应 18-20 年的 PE 分别为 16 倍、13 倍和 10 倍，维持“买入”评级。

- **风险提示：**风电装机不达预期；弃风限电改善不达预期；

财务数据及盈利预测

	2017	2018Q1	2018E	2019E	2020E
营业收入（百万元）	25,129	3,860	34,177	44,174	57,221
同比增长率（%）	-4.80	7.70	36.00	29.30	29.50
净利润（百万元）	3,055	240	4,054	5,009	6,464
同比增长率（%）	1.72	32.71	32.70	23.60	29.00
每股收益（元/股）	0.86	0.07	1.13	1.40	1.81
毛利率（%）	30.2	36.0	27.4	27.5	27.2
ROE（%）	13.5	1.0	16.6	17.8	19.5
市盈率	20		16	13	10

注：“市盈率”是指目前股价除以各年业绩；“净资产收益率”是指摊薄后归属于母公司所有者的 ROE 计算每股收益需要考虑去除永续债带来的 3800 万净利润摊薄影响。

投资案件

投资评级与估值

维持盈利预测，维持“买入”评级：随着风电度电成本降低，风电发展有望打破行业发展周期性，进入平价上网新时代，公司作为风机制造的领导者，有望继续领跑整个行业。预计公司 18-20 年实现归母净利润 40.54、50.09、64.64 亿元，对应的 EPS 分别为 1.13、1.40、1.81 元/股，当前股价对应 18-20 年的 PE 分别为 16 倍、13 倍和 10 倍，维持“买入”评级。

关键假设点

2018-2020 年全国风电吊装量分别为 25、30、35GW；

2018-2020 年全国风电弃风率分别为 12%，8%，5%；

有别于大众的认识

市场普遍认为由于 2017 年风电招标价格下滑严重，2018 年公司毛利率承压严重。我们认为公司在手订单丰富，执行周期长，大量存量订单可以分摊掉招标价格下滑带来的毛利率下降。行业二三线公司由于规模化效应不强、在手订单较少、新产品研发受限等因素影响，有望在此轮洗牌中被淘汰。公司凭借出色的研发实力和规模化效应，有望从“海上”和“海外”两个领域取得突破，进一步夯实行业领导者地位。

股价表现的催化剂

风电装机反转逻辑确立，弃风限电持续改善。

核心假设风险

风电装机不达预期；弃风限电改善不达预期；

目录

1. 公司是具有全球竞争力的国内风机龙头.....7

2. 多元化产品布局，保持行业领先优势.....10

2.1 直驱永磁技术有望成为未来主流.....11
2.2 专注直驱永磁技术，自主研发前景广阔.....15
2.3 风机大型化趋势显著，主流产品占据市场领先优势.....20
2.4 适应风电开发区域调整，推陈出新领跑低风速市场.....30
2.5 布局大兆瓦海上机组，直驱永磁技术优势凸显.....40

3. 技术革新把握前沿技术，助力风电场效益提升.....47

4. 技术优势助推国际化进程，海外市场持续发力.....49

4.1 携手鉴衡认证推进中国风机国际化进程.....50
4.2 国内风机制造行业先行者，全面布局全球风电市场.....51
4.3 技术具有全球竞争力，海外市场开拓加速.....53

5.盈利预测与估值.....54

图表目录

图 1：2016 年全国主要陆上风机制造商出货量（单位：%）.....7
图 2：2017 年国内主要陆上风机制造商出货量（单位：%）.....7
图 3：2016 年全球主要陆上风机制造商出货量（单位%）.....7
图 4：2017 年全球十大陆上风机制造商出货量（单位：%）.....7
图 5：2017 年金风科技海外销售容量（单位：MW）.....9
图 6：金风科技股权结构（截止至 18Q1）.....9
图 7：双馈风电机组内部结构.....11
图 8：双馈风电机组传动系统.....11
图 9：双馈式风电机组发电机结构.....11
图 10：直驱式风电机组发电机结构.....11
图 11：齿轮箱故障损失小时数高（单位：小时）.....12
图 12：齿轮箱故障是风机故障的显著部分（单位：%）.....12
图 13：直驱永磁机组发电优势显著（单位：MWh、GWh）.....13
图 14：当今世界风电技术主流发展趋势.....13
图 15：湘电风能机组技术来源及进程.....18
图 16：ENERCON 公司风机产品欧洲市场占有率第二（单位：%）.....19
图 17：ENERCON 公司是德国市场占有率第一（单位：%）.....19
图 18：1.5MW 机组市场占比快速下降（单位：%）.....20
图 19：截至 2017 年风电行业主流机型是 2MW 机组（单位：%）.....20
图 20：金风科技对外销售机组占比变化（单位：%）.....20
图 21：我国低风速风能资源丰富，多集中于中东部及南方地区.....31
图 22：近年各区域装机情况（单位：%）.....31
图 23：行业同类可比公司毛利率情况（单位：%）.....40
图 24：公司主要产品投标均价走势（单位：元/kW）.....40
图 25：预计 2018-2020 年海上风电装机情况（单位：万千瓦）.....41
图 26：截至 2017 年上海电气海上风电新增装机量国内市场居于首位（单位：%）43
图 27：截至 2017 年上海电气海上风电累计装机量国内市场居于首位（单位：%）43
图 28：2017 年海上风电机组不同功率累计装机占比（单位：%）.....46

图 29：2017 年金风科技海上风电不同功率机组占比（单位：%）.....46
图 30：陆上风电成本构成分解（单位：%）.....47
图 31：海上风电成本构成分解（单位：%）.....47
图 32：使用叶片延长技术发电能力显著提升.....48
图 33：能巢 POWERNEST 控制系统.....49
图 34：鉴衡认证助力金风科技打开海外市场.....50
图 35：2016 年全球前十大陆上风电整机制造商装机容量及目标市场（单位：GW）51
图 36：2017 年海外各地区业务销售占比（单位：%）.....52
图 37：2017 年国际业务订单和在建容量（单位：MW）.....52

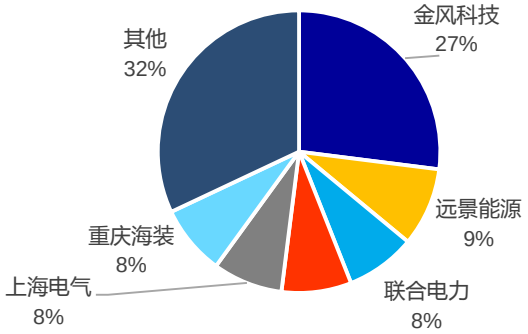
表 1：年度全球最佳风机排名（单位：MW）.....8
表 2：配股募集资金投向（单位：万元）.....10
表 3：双馈式风机和直驱永磁式风机性能对比.....13
表 4：全球主要超导风机研发企业.....14
表 5：VENSYS 公司发展历程.....15
表 6：金风科技公司发展历程.....16
表 7：目前金风科技风电机组系列平台介绍.....17
表 8：ENERCON 公司发展历程.....19
表 9：公司 1.5MW 机组技术发展历程.....21
表 10：全球主要 1.5MW 风电机组信息.....22
表 11：全球主要 2.5MW 风电机组信息.....23
表 12：国内主要 2.XMW 风电机组信息（单位：m/s、m）.....23
表 13：全球主要 2.XMW 风电机组信息（单位：m/s、m）.....24
表 14：GW3.0MW(S)产品平台主要特点.....26
表 15：全球主要 3MW 以上大兆瓦风电机组信息（单位：MW）.....26
表 16：2017 年全球最佳陆上风电机组（2.9MW 以下）机型（单位：MW）.....28
表 17：2017 年全球最佳陆上风电机组（3MW 以上）机型.....29
表 18：GW 140/3MW 的特点及性能介绍.....30
表 19：低风速区域对风电机组技术要求.....32
表 20：全球主要竞争对手低风速风电机组（单位：MW、m）.....34

表 21：低风速机组主要发展历程 36
表 22：GW2.XMW 平台优点及特点 37
表 23：金风科技 GW2.XMW 平台各产品性能介绍 38
表 24：金风科技 GW2.5MW 平台低风速机组性能介绍（单位：m/s、m） 38
表 25：GW2.5MW 平台优点及特点 39
表 26：金风科技 GW3.0MW 平台 GW140/3.0MW（S）低风速产品性能介绍 39
表 27：国内主要竞争对手海上风电机组 41
表 28：国外主要大兆瓦海上风机 42
表 29：国内外启动 10MW+大功率海上风电发电机组情况 42
表 30：西门子年度全球最佳海上风机排名情况 44
表 31：远景能源年度全球最佳风机排名 44
表 32：金风科技海上风电机组发展历程 45
表 33：金风科技 GW6.XMW 平台性能介绍 45
表 34：柔塔和非柔塔机组经济性对比（以金风科技产品为例） 47
表 35：金风科技 2017 年机组出口情况（单位：kW、MW） 51
表 36：可比公司估值（单位：亿元、元/股、倍） 55
表 37:关键假设表（单位：百万元） 55
表 38：利润表（单位：百万元） 55
表 39：现金流量表（单位：百万元） 56
表 40：资产负债表（单位：百万元） 56

1. 公司是具有全球竞争力的国内风机龙头

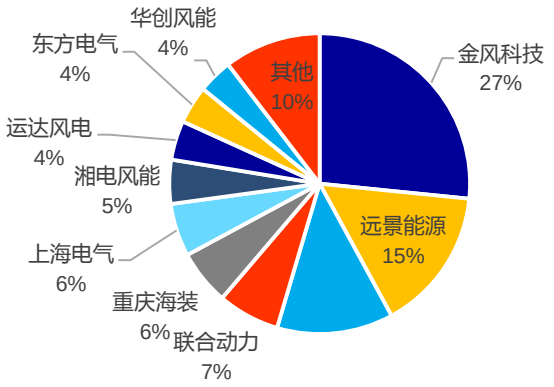
公司连续七年稳居国内风机制造龙头。公司是国内最早进入风力发电设备制造领域的企业之一，公司拥有风机制造、风电服务以及风电场投资与开发三大主要业务板块以及水务等其他板块。公司成立于 1998 年，2007 年在深交所挂牌上市，募集资金约 18 亿元；2010 年 10 月，金风科技 H 股在香港联合交易所成功上市，募集资金约 80 亿港元，为公司的未来发展奠定了坚实的资本基础。公司早期通过收购 Vensys，确定了直驱永磁技术路线，是国内首家具有自主知识产权的风机企业。经过十余年发展，公司逐步成长为国内领军和全球领先的风电整体解决方案提供商，国内市占率稳占第一，2017 年国内新增装机约 27%；全球市占率第三，占比 11%。

图 1：2016 年全国主要陆上风机制造商出货量（单位：%）



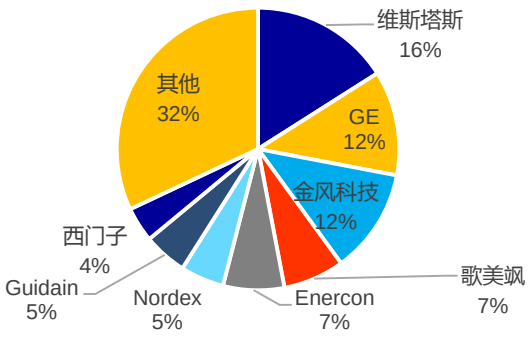
资料来源：CWEA，申万宏源研究

图 2：2017 年国内主要陆上风机制造商出货量（单位：%）



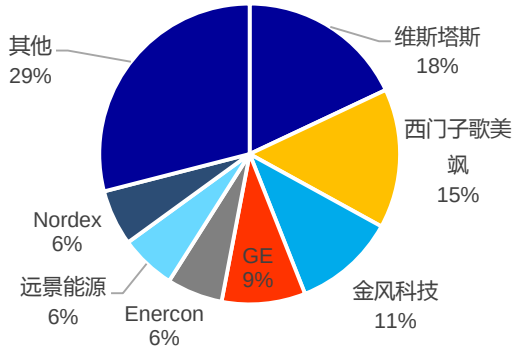
资料来源：CWEA，申万宏源研究

图 3：2016 年全球主要陆上风机制造商出货量（单位%）



资料来源：彭博新能源，申万宏源研究

图 4：2017 年全球十大陆上风机制造商出货量（单位：%）



资料来源：彭博新能源，申万宏源研究

公司专注研发直驱永磁风电机组，构筑自主可控核心竞争力。公司引进消化德国 Vensys 积累近 40 年的直驱永磁技术，专注研发直驱永磁风电机组，构筑自主可控核心竞争力。目前公司拥有自主知识产权的 1.5MW、2.0MW、2.5MW、3.0MW、6.0MW 永磁直驱系列化机组，覆盖陆上、海上不同风能资源区市场需求，研发出适合高温、低温、高海拔、潮湿、防沙、低风速、超低风速等不同细分领域的风机，并针对不同地形、气候条件进行了差异化、系列化设计，满足客户多元化需求。同时公司凭借在研发、制造风力发电机组及建设风电场所取得的丰富经验，开发出风电服务及风电场开发的整体解决方案，满足客户在风电行业价值链多个环节的需要。

公司产品性能优越，引领全球风电技术的新潮流。公司所生产的直驱永磁发电机组具有发电效率高、维护与运行成本低、并网性能良好、可利用率高等优越性能，深受客户的欢迎和认可，连续多年凭借不同机型入选风电行业专业杂志《Windpower Monthly》颁布的年度全球最佳风机排行榜。2017 年公司产品排名最为靠前，GW 115/2.0MW 机型获得铜奖，GW140/3MW 机型获得金奖，产品性能优越，位列行业前端。同时，公司抓紧智能化、精准化、数字化风电行业发展趋势，自主研发适合智能化发展的柔性塔架及智能风机，引领全球风电技术的新潮流。

表 1：年度全球最佳风机排名（单位：MW）

获奖类别	2014 年		2015 年		2016 年		2017 年	
最佳陆用风机(2.9MW 以下)	GW 82-1.5MW	第五	GW 77-1.5MW	第五	GW 115/2.0MW	第六	GW 115/2.0MW	铜奖
	GW 112-2.5MW	第七						
最佳大功率陆上风电机组(3MW 以上)							GW140/3MW	金奖
最佳海上风机	GW 150-6MW	第十						

资料来源：《Windpower Monthly》、申万宏源研究

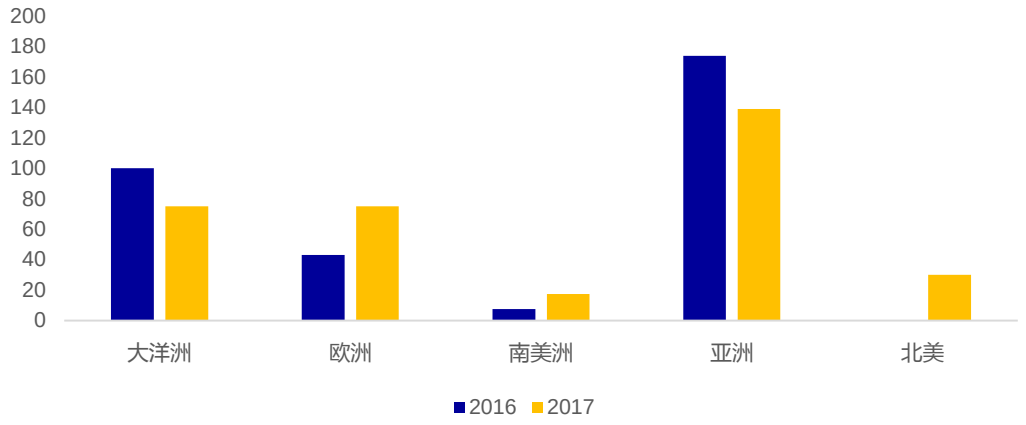
建立全球研发中心，研发能力全球领先。公司拥有国内外七大研发中心，遍布丹麦、美国、德国及国内北京、盐城、乌鲁木齐、无锡，拥有两千余名丰富行业经验的研发技术人员，为公司新产品研制、技术创新做出了积极的贡献。截至 2017 年，金风科技拥有国内专利申请 2669 项，其中发明专利申请 1421 项；国内授权专利 1335 项，其中授权发明专利 363 项；拥有海外专利申请 161 件，授权专利 42 件。此外还拥有软件著作权 468 件国内核准注册商标 97 件，国际核准注册商标 95 件。公司在鉴衡认证中心共取得型式认证证书 14 个，设计评估证书 23 个。通过产品优化升级与新产品研发相结合，不断丰富产品线，巩固并加强公司技术优势，持续提升产品综合竞争力。

多元化夯实公司根基，专业化协作布局产业链后端。风电行业经过十余年的快速发展，行业竞争逐步由产业链前端向后端转移，后服务市场正逐步释放巨大的市场空间。公司依托先进的技术、产品及多年的风电开发、建设、运行维护的经验优势，积极开拓风电场开发、风电服务业务等盈利模式，转型风电整体解决方案提供商。公司以“快速响应”为核心理念，不断满足后服务市场需求，投资建设了金风大数据平台、金风新能源气象数据资

产管理平台、金风全球监控中心、全生命周期资产管理系统、大数据预警系统等智能服务支撑平台，利用先进的信息化技术，结合公司近 20 年的机组运行数据、专业技术能力和资源，提供全面的智慧运维服务。

海外市场开拓成果显著，国际化进程加快。2017 年公司国际业务实现营业收入约 20.9 亿元，同比下降 5.5%。公司海外市场新增开发及储备项目容量创历史新高，达到 1.2GW，包括澳大利亚 720MW（其中 Stockyard Hill 527.5MW 项目为澳大利亚最大风电项目），美国 160MW 及阿根廷 350MW，实现海外销售容量 336.5MW。国际风电项目已完工风电场装机容量 421MW，权益容量 124.1MW，在建风电项目容量 690MW，权益容量 690MW，在手国际订单 704.5GW，国际业务遍布六大洲。2017 年 11 月，金风全资子公司金风美国同 One Energe 公司合作的分布式风电正式完成安装和调试。截止 2018Q1，公司在手国际订单为 813MW，公司海外在建及待开发项目容量合计达到 1827MW，为可持续发展奠定基础。同时公司积极布局一带一路沿线国家，在哈萨别克斯坦、乌兹别克斯坦、土耳其、泰国、菲律宾等国家已有项目建成或签约，中亚、南美、东欧市场成为新亮点。

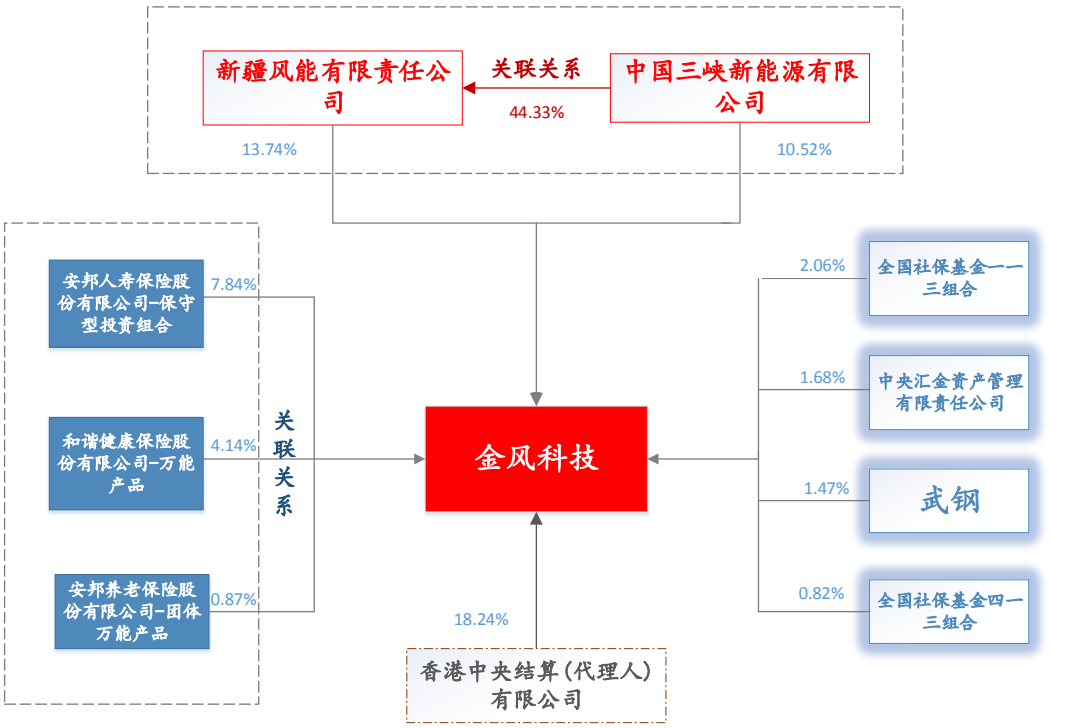
图 5：2017 年金风科技海外销售容量（单位：MW）



资料来源：CWEA，申万宏源研究

新疆风能、三峡新能源及安邦保险是公司最终控制层，公司不存在实际控制人。新疆风能、三峡新能源分别持股 13.74%、10.52%，两者存在关联关系，三峡新能源持有新疆风能 43.33%的股权，两者共计持有金风 24.26%，是公司实际第一大股东。同时，安邦保险集团股份有限公司为安邦人寿保险股份有限公司、和谐健康保险股份有限公司和安邦养老保险股份有限公司的主要股东，分别持 99.98%、98.31%、99.99%的股份，上述公司未签订一致行动协议或达成一致行动意向，但因存在关联关系构成一致行动人，由此安邦保险集团间接持有金风科技共计 12.85%的股权。

图 6：金风科技股权结构（截止至 18Q1）



资料来源：WIND，申万宏源研究

配股开拓海外市场，国际化进程加快。公司 2018 年 3 月公布配股公开发行证券预案，按照每 10 股配售不超过 2 股的比例向全体 A、 H 股股东配售，A 股配股采用代销方式，H 股配股采用包销方式，每股面值为人民币 1.00 元。本次配股募集资金总额不超过 50 亿元，扣除发行费用后的募集资金净额将用于 Stockyard Hill 风电场 527.5MW 项目、Moorabool North 风电场 150MW 项目、补充流动资金、偿还有息负债。

表 2：配股募集资金投向（单位：万元）

序号	项目名称	项目计划总投资额	拟使用募集资金金额
1	Stockyard Hill 风电场 527.5MW 项目	518261.06	165000
2	Moorabool North 风电场 150MW 项目	180339.81	35000
3	补充流动资金		150000
4	偿还有息负债		150000
	合计		500000

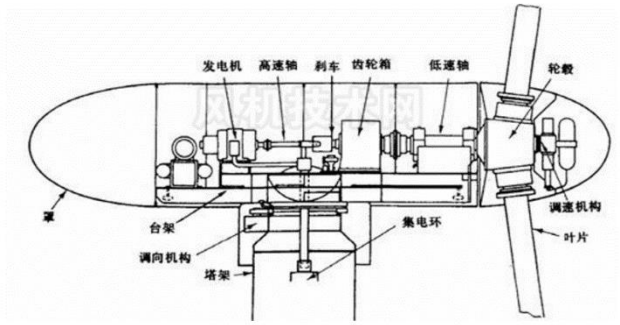
资料来源：公司年报，申万宏源研究

2. 多元化产品布局，保持行业领先优势

2.1 直驱永磁技术有望成为未来主流

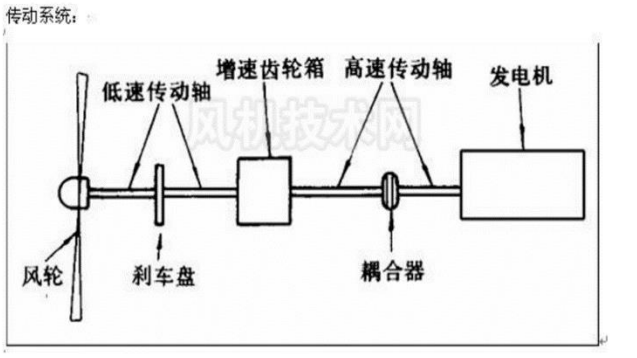
双馈风电机组由叶轮、增速齿轮箱、发电机、偏航装置、控制系统、塔架等部件所组成。双馈风电机组主要工作原理是通过叶轮将风能转换为机械能，低速转动的叶轮通过传动系统由增速齿轮箱增速，将动力传递给发电机，然后由高速转动的机械能经过电机转变成电能。齿轮箱是传统风机传动系统内重要环节，通过齿轮箱可以将很低的叶轮转速变为很高的发电机转速。同时也使得发电机易于控制，实现稳定的频率和电压输出。

图 7：双馈风电机组内部结构



资料来源：风机技术网，申万宏源研究

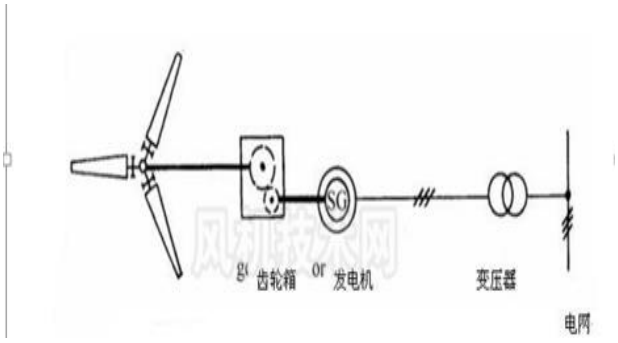
图 8：双馈风电机组传动系统



资料来源：风机技术网，申万宏源研究

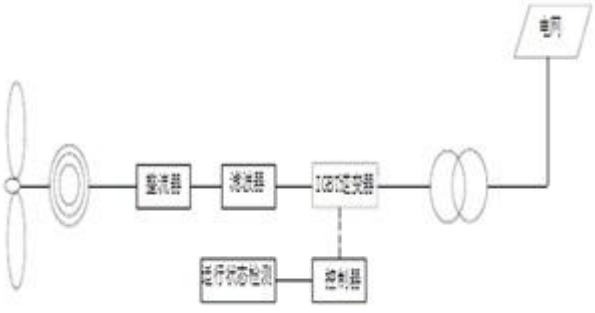
双馈技术及直驱技术是市场上主要风电机组技术。双馈、直驱两种技术路线的本质区别在于双馈型是带“齿轮箱”的，而直驱型是不带“齿轮箱”的。双馈型机组的桨叶通过齿轮箱及其高速轴及万能弹性联轴节将转矩传递到发电机的传动轴，从而实现电能并网输出；直驱型风机的桨叶的转矩可以不通过齿轮箱增速而直接传递到发电机的传动轴，叶轮直接连接发电机。目前，两大主要技术最常见机型为直驱式永磁同步发电机和双馈式感应异步发电机。

图 9：双馈式风电机组发电机结构



资料来源：风机技术网，申万宏源研究

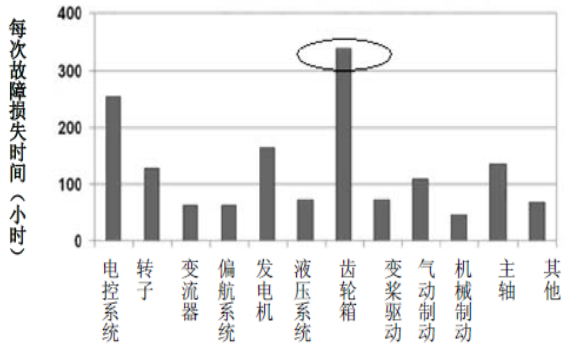
图 10：直驱式风电机组发电机结构



资料来源：风机技术网，申万宏源研究

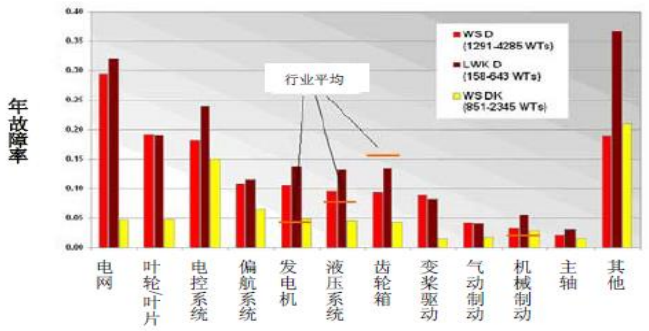
齿轮箱是影响风电发电效率的重要零部件之一。齿轮箱的效率不是固定值，目前根据国内的齿轮箱制造厂提供的额定效率多为 97%上下，但随着荷载变大、风速降低，齿轮箱效率会相应的降低。齿轮箱故障是风机故障的主要因素，且同其他零部件相比，齿轮箱具有最高的故障时间，这使得齿轮箱故障成本非常昂贵。

图 11：齿轮箱故障损失小时数高（单位：小时）



资料来源：《Reliability of wind turbine subassemblies》，申万宏源研究

图 12：齿轮箱故障是风机故障的显著部分（单位：%）



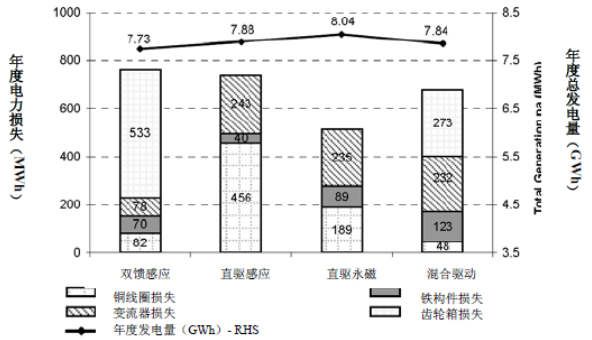
资料来源:《Reliability of wind turbine subassemblies》，申万宏源研究

双馈式风机仍是目前行业主流机型。直驱技术和双馈式技术几乎同时出现，但由于电气技术和成本等原因，双馈式发展较为迅速。经过近十年发展，双馈式技术成为全球风电主流技术，占比约为 85%。全球主要风机厂商包括 Vestas、Siemens、GE 以及华锐风电等主力机型均为双馈式机组。直驱式风机发展主要受限于机组体积较大、运输困难、成本较高等因素，主要生产厂商是国内的金风科技和德国的 ENERCON。

大型化趋势削弱双馈式机组优势。随着风电结构区域调整、风电机组大型化的趋势日益显著，双馈机组的风速范围受限，存在运行转速的下限；随着风电开发逐渐向低风速地区转移，双馈机组性能局限凸显；随着机组大型化及海上风电机组发展，齿轮箱故障率提升，双馈机组维护成本升高，发电效率降低；相较于直驱式风机，双馈机组电网适应性较差，低压穿透能力弱，双馈式机组竞争优势削弱。

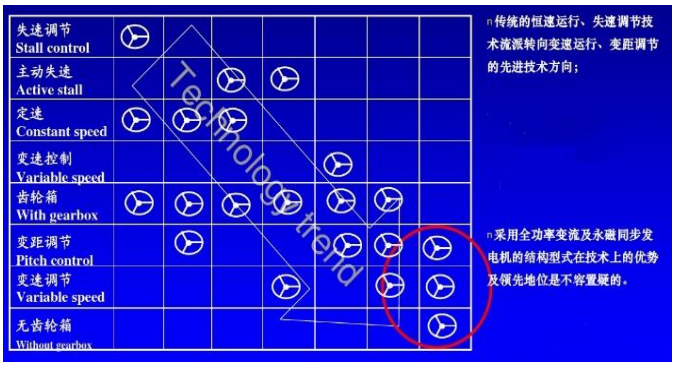
直驱永磁技术符合风电发展趋势，技术优势逐步凸显。直驱技术与传统的双馈齿轮技术相比有很多优势，主要有三点：一是更能适应电网对风机的最新要求，特别是其卓越的电网友好型低电压穿越能力，符合未来电网高要求；二是省掉齿轮箱环节，故障率大幅降低，节省了相关生产成本及后期运维成本，降低风电总成本，同时具备高效率、低噪音、高寿命、更高可靠性等优点，海上风电大型机组优势尤为显著；三是风速范围广，低风速下仍能输出较大功率，尤其适合低风速资源区，相较于双馈式机组，直驱式机组能够捕捉风能资源更广。由于彻底解决双馈齿轮箱故障率高的问题，直驱永磁技术年度电力损失较双馈机组下降 30%，年总发电量上升约 5~10%。我们认为，随着未来风电向低风速及海上区域发展，风电机组大型化趋势显著，无齿轮箱设计成为行业发展趋势，直驱永磁机组的市场竞争力逐渐凸显。

图 13：直驱永磁机组发电优势显著（单位：MWh、GWh）



资料来源：《Reliability of wind turbine subassemblies》，申万宏源研究

图 14：当今世界风电技术主流发展趋势



资料来源：湘电风能，申万宏源研究

表 3：双馈式风机和直驱永磁式风机性能对比

性能	双馈式风机	直驱永磁式风机	分析
电网兼容性	弱	强	具有优越的低电压穿越能力，可在电网干扰期间内保持接入电网，对电网冲击小，尤其在低风速情况下，更好的适合电网接入特点
可靠性	可靠性相对较弱	可靠性强	直驱永磁风机省去了齿轮箱及其部件，简化了传动结构，提高了机组的可靠性
防护等级	等级相对较弱	等级较强	机舱、发电机、轮毂采用内正压技术，可有效防止潮湿、盐雾、沙尘的进入，防护等级高
发电效率	效率较低	效率较高	采用叶轮直接驱动发电机发电，无需电励磁，减少了电能损耗；同时，没有齿轮箱等中间部件传动链短，减少了传动损耗，提高了发电效率；发电效率平均提高 5%~10%
维护成本	成本较高	成本较低	采用无齿轮直驱技术，减少了风力发电机组零部件数量，避免了齿轮箱油的定期更换，降低了运行维护的成本；避免齿轮磨损带来的损失成本，彻底解决齿轮箱故障率高的问题
风速适应范围	受风速限制较大	受限制较小，适应范围宽	永磁直驱风机通过电磁感应原理发电，在额定的低转速下输出功率较大、效率较高；尤其适合低风速地区
噪音	噪音较高	噪音低	永磁直驱风机省去了齿轮箱，噪音低
运输难度	运输难度低	运输难度较大	永磁直驱风机体积较大，运输难度更大
机组重量	机组较轻	机组更大更重	为了弥补直驱发电机的低转速（因为去除了齿轮箱），必须大幅提高发电机的半径来提高磁体围绕线圈旋转的速度，体积和重量增加，即使重量可以因永磁技术的引入而降低

电控要求	电控要求低	电控要求较高	永磁直驱风机省去齿轮箱，全功率逆变，对技术要求高
整体技术水平	技术成熟、稳定	技术有待成熟	双馈式机组经过长时间实践检验，技术可靠成熟，成本较低，直驱永磁式近几年技术突破加快，还有待实践检验
总成本	20 年设计周期内总成本较高	20 年设计周期内总成本较低	采用直驱式技术，高频冲击小，机组震动小、可靠性高，维护量低，总成本至少比双馈式风机低 15%以上

资料来源：《直驱永磁同步发电机的特点及其在风电中的应用前景》、申万宏源研究

半直驱技术的产品性能有待市场检验。国内部分厂商提出半直驱技术。半直驱概念是在技术向大型化发展过程中产生的，兼顾上述两种技术的特点及优势。半直驱为间接驱动，保留了齿轮箱并且发电机由双馈的绕线式转为永磁同步式，但齿轮箱较小；同双馈机组比，半直驱的齿轮箱传动比低，同直驱机型比，半直驱的发电机转速高，机组体型较小，在满足传动和荷载设计的同时结构更紧凑，重量更轻。但齿轮箱故障问题仍然无法解决，尤其是在进行低电压穿越时。为了控制齿轮箱故障率，必然要加大成本投入，价格上相对双馈机型处于劣势，稳定性上相对直驱机型处于劣势，半直驱风机优劣势并存。

超导风电技术短期内无法成长为行业内风机技术新生力量。随着海上风电发展及大型机组需求日益增长，机组容量逐渐增长（目前已有 8MW 机型），机组体积和重量逐步扩大。直驱永磁技术成功带领风电行业突破 5MW，但再进一步迈向 10MW 级别，机组体积和重量将成为巨大问题，对风电整机厂商技术水平带来严重考验。

超导技术被视为当前唯一可以解决发电机过大过重的技术。超导体的零电阻特性不仅解决了散热问题，而且由于电流密度较传统电机提高数倍乃至数十倍，功率密度将会大幅提升。因此，同样功率条件下，超导发电机的重量、体积和材料消耗将远远小于传统发电机。超导技术的应用将给风电行业带来颠覆性的改变，但目前技术仍然处于起步阶段，技术要求较高，研发成本昂贵。

表 4：全球主要超导风机研发企业

公司	公司竞争优势	公司竞争劣势	实验进程
sway	技术研发起步最早	进展缓慢并且方向有误	
AMSC（美国超导）	具有核心技术优势	超导技术应用于风电领域需要探索，叠加上 10MW 大功率风机的设计和制造难度，批量化生产尚需时间	SeaTitan 10MW 风电机组，未批量化
Tecnalia	和 KIT 强强联合，技术实力雄厚，有欧盟资金协助	超导技术应用于风电领域需要探索，叠加上 10MW 大功率风机的设计和制造难度，批量化生产尚需时间	样机测试等后续进展还没有进一步的消息

远景能源	选择的 3.6MW 超导风机路线，设计以及批量生产难度较低，产业化进程有望后来居上；欧盟“地平线 2020”计划决定资助远景能源	研发起步较晚，目的在于降低机组成本而非应用开发大兆瓦机组	处于研发准备阶段

资料来源：北极星风力发电网、申万宏源研究

技术革新迭代和成本下降，直驱永磁机组有望成为未来主流机型。目前，直驱永磁发电机由于技术水平、材料等因素造价成本较高，随着技术革新迭代和成本下降，未来直驱式机组的综合经济成本具有竞争力，在 20 年设计周期内，其总成本至少比双馈式风机低 15%以上。同时，技术革新不断加快，使得直驱永磁获得跨越式发展，在陆地项目中不但得到了广泛的应用，而且在海上机组中也开始崭露头角。采用直驱永磁发电技术的代表企业主要有德国的 ENERCON 公司和国内的金风科技、湘电风能等公司。随着海上风电发展，西门子近几年也逐步布局直驱永磁风机。

海外风机制造厂商担忧永磁材料供给。钕化合物-钕铁硼(NdFeB)是永磁发电机核心原材料，属于一种高性能的稀土材料。而中国控制着全球 95%的稀土产量和 80%的永磁体产量。随着中国不断控制稀土开采量及出口配额，对于海外的风机制造商，采用永磁直驱设计存在潜在的供应链风险，使得国际上前几大整机厂商仍然主推双馈式机组。

2.2 专注直驱永磁技术，自主研发前景广阔

自主引进风机制造技术，正式开启国产化研制事业。1997 年，金风科技与德国 Jacbos 公司签订了失速型 600kW 风机生产许可和技术转让合同，通过对这些机组技术的消化、吸收和再开发，拥有自主技术。通过技术引进，公司在中国开启了风机国产化研制事业，并被科技部列入国家“九五”科技攻关项目。1998 年，第一批国产化 600kW 风机实现并网发电，2000 年实现 600kW 风机销售零突破。

收购德国 Vensys，掌握直驱永磁核心技术。德国 Vensys 是全球最早研究开发直驱永磁风力发电技术的公司，为世界上少数几个有能力开发该技术的公司之一。2003 年金风科技和 Vensys 公司展开直驱永磁兆瓦级机组的联合设计，开启自主创新之路；2008 年收购并获得 Vensys 公司 70%股权，通过收购使金风科技最终获得自主知识产权的风力发电机组技术和设计能力，实现 1.5MW、2.5MW 平台的机组的批量产业化，让金风科技的科研体系更趋完善，有效整合德国、北京、新疆三地研发中心的技术、人才、资源，从而为整个公司的国际化奠定了坚实的基础。同时，直驱永磁技术的掌握对于金风科技顺利进入国际市场，也起到了重要作用。

表 5：VENSYS 公司发展历程

年份	历程简介

1990 年	起家于 The Forschungs gruppe Windenergie(FGW),初始研究发电机,由 Saarbrücken Applied Sciences University 创立
2000 年	公司作为大学的分支机构成立，专注于直驱技术的发展
2003 年	VENSYS62/1.2MW 投运；同金风科技成为合作伙伴
2007 年	第一台 1.5MW 直驱永磁机组在德国建成；
2008 年	金风科技成为公司新的股东；
2010 年	第一台输出功率为 2.5 兆瓦的 VENSYS100 在德国和中国建造，使用直驱永磁技术；母公司金风在港交所上市
2012 年	新的 2.5MW 机组进入批量生产阶段
2015 年	第一台 3MW 直驱永磁风机进入样机测试阶段
2016 年	GroupXS 使得 VENSYS 能源公司能够将其所有报告的数字化，从而确保更快的处理，更快的反馈给客户，并节省时间和金钱花费

资料来源：VENSYS 官网、申万宏源研究

依托 Vensys 机组技术内核,走上直驱永磁之路。2004 年公司和德国 Vensys 进行 1.2MW 直驱永磁机组的联合设计，公司逐步走上直驱之路；2007 年公司首批 5 台 1.5MW 直驱永磁风机在达坂城投入运行，标志着金风科技直驱永磁风机正式走向市场。依托 Vensys 公司 1.5MW、2.5MW 机组成熟的技术内核，研发拥有自主产权的风电机组平台。公司自主研发的首台 1.5MW、2.5MW 直驱永磁机组先后于 2007 年、2009 年实现投入运行，经过近 10 年发展,1.5MW、2.5MW 机组直驱永磁技术最为成熟,实现规模量产。公司依托成熟的 1.5MW、2.5MW 机组，自主研发 3MW、2MW、6MW 海上风电机型，完善产品谱系。目前公司金风停止了半直驱储备机型的研发工作，把精力全部用在直驱技术上。

表 6：金风科技公司发展历程

年份	历程简介
1997 年	自主引进 600kW 风机制造技术，开启风机国产化道路
1998 年	金风科技成立，公司 5 台国产化 600kW 风机并网发电
2003 年	金风科技与德国合作伙伴联合设计的 750kW 风机下线并投入运行
2005 年	公司研制的第一台直驱永磁 1.2MW 风机在新疆达坂城风电场投入运行，这标志着金风科技由传统技术向直驱技术的转变
2007 年	公司首批 5 台 1.5 兆瓦直驱永磁风电机组在达坂城投入运行；成功研制国内第一台 1.5MW 海上风机
2009 年	公司研发的首台 2.5MW 直驱永磁风机在北京官厅风电场完成吊装并开始试运行
2010 年	公司港交所上市
2013 年	GW121/2500 低风速机组已完成样机吊装
2014 年	公司 GW115/2000 超低风速直驱永磁机组在张北实现并网
2015 年	发布 1.5VP 系列产品、120 米柔性塔架和混凝土塔架产品；公司 3MW 首台海上样机实现并网发电；另外陆上 3MW 风机陆续进入小批量生产阶段
2016 年	推出陆上大兆瓦产品平台 GW3S 智能风机；已完成 2.0MW VP、2.5MW VP 机组的开发并已投入市场；公司 6MW Alpha 直驱型海上机组样机于 5 月 16 日在大丰成功实现并网

2017 年	发布陆上全系智能风机——GW2.X、GW2.5、GW3S 三个平台的多款新机型，同时发布新一代海上大兆瓦产品——GW6.X 平台及整体解决方案。

资料来源：金风科技官网、申万宏源研究

多元产品应对细分市场需求，产品研发持续推陈出新。公司在 1.5MW、2MW、2.5MW、3MW 基本机型的基础上，大力研发细分型号以适应不同市场需求，同时加大海上大兆瓦机组研发。目前，公司有 5 大风电机组系列产品，分别为 GW1.5MW、GW2.XMW、GW2.5MW、GW3MW、GW6.XMW，公司不断开发和完善产品系列，覆盖陆上、海上不同风能资源区市场需求，进一步研发出适合高温、低温、高海拔、潮湿、防沙、低风速、超低风速等不同环境的风机，争取实现不同系列平台各类风区全覆盖。公司直驱永磁产品因其维护量少、并网性能好(低电压穿越能力强)、可利用率高、发电效率高等优越性能，深受客户的认可。

表 7：目前金风科技风电机组系列平台介绍

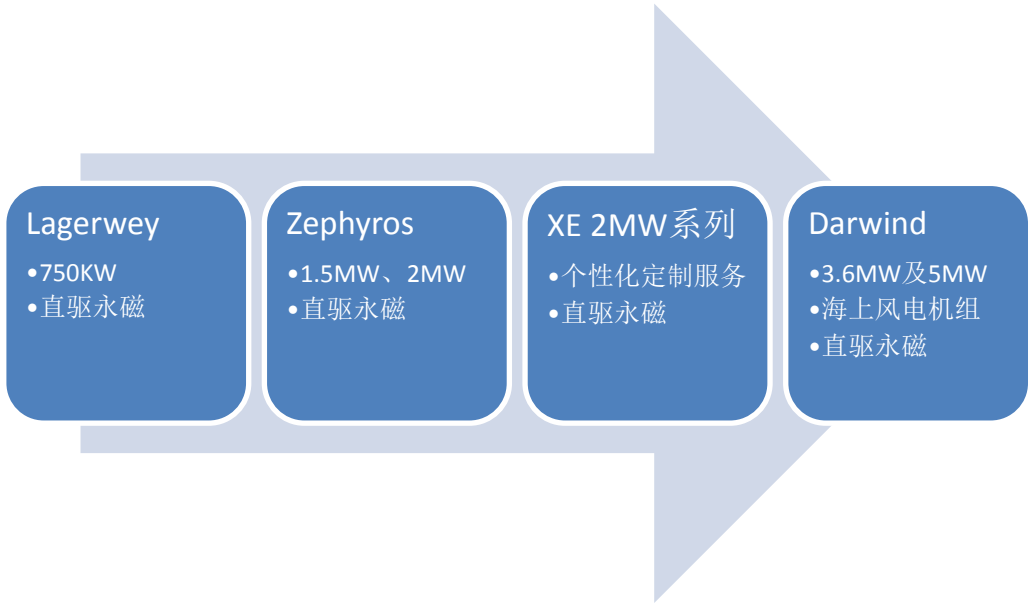
平台	技术路线	机组特性	适应范围	产品定位
GW1.5MW	直驱永磁全功率变流的先进技术路线	高效率、高可靠性、运维成本低、并网友好等技术特点	产品平台涵盖了从超 I 类到 IV 类风区的丰富产品配置，具备极强的环境适应性，广泛适用于高、低温，高海拔，低风速，沿海等复杂环境	GW1.5MW 产品创造了中国风电历史上单产品平台装机破万台的记录
GW2.XMW	直驱永磁全功率变流的先进技术路线	低运维成本、高可靠性、全功率变流、并网性能优越；基于上一代 GW2.0MW 产品基础上创新升级；搭载自主研发的智能控制技术、发电量提升技术和智能运维技术，可灵活适应各种类型项目需求	针对超低风速区域专项设计，为投资国内中东部及南方地区、国际 II 类和 III 类风区提供更多选择	推向全球市场的陆上低风速平台
GW2.5MW	直驱永磁全功率变流的先进技术路线	目前平台产品家族共包括 4 款叶轮直径的产品;同时产品平台配置包括了多种塔架形式及各种智能控制策略，可适应不同风电项目的需求	产品适应性覆盖从 I 类到 IV 类的全部风区	GW2.5MW 平台是国内最早的 2.5MW 级别的产品平台，目前拥有着国内同级别最多的产品安装业绩
GW3.0MW (S)	直驱永磁全功率变流的先进技术路线	结合 GW2.0MW、GW2.5MW、GW3.0MW 等机型成熟的大容量兆瓦级平台经验和技术积淀，超强的发电性能、极强的适应能力（环境、风速等）、智能型以及机型选择多样化等优点	部分涵盖超低风速地区选型需要，全部覆盖中低速地区选型需要，甚至在中高风速区域，也有相当强的适用能力	融入了金风科技已投放市场以及为未来风电创新的所有先进技具备，成功推向全球市场
GW6.XMW	直驱永磁技术路线	降低风电场施工建设成本；基于“能巢系统”的风电场集群控制技术，提升整场发电效率；基于“能巢系统”的风电场集群控制技术，提升整场发电效率；降低 20%建设成本，缩短 30%建设周期	平台化产品组合，覆盖国内所有风电场机组选型需求；	作为国内最大单机容量机组，能有效减少海上风场机位点数量

资料来源：金风科技官网、申万宏源研究

直驱永磁技术领先行业，业内竞争对手有限。目前，国内只有两家公司研发使用直驱永磁技术，分别为金风科技和湘电风能；海外采用直驱技术主要是德国的 ENERCON 公司，技术较为成熟，专利储备丰富。公司积累了 Vensys 近 30 年的直驱永磁研发经验，2017 年国内新增装机市场份额 27%，国内市占率排名第一，全球市占率排名第三。而湘电风能沿袭日本原弘产及荷兰 Lagerwey 的直驱风机核心技术，自主研发 XE 系列，但 2017 年国内新增装机市场份额已在前六名之外。德国的 ENERCON 是具有全球竞争力的风机制造商，2017 年市占率全球第五。ENERCON 直驱技术全球领先，1993 年即推出第一代无齿轮系统，公司采用励磁技术而非永磁技术，这是同金风科技的最大区别。

国内直驱永磁竞争对手湘电风能，最大竞争优势在于大兆瓦海上风电机组研发。湘电风能隶属于湘电集团，技术主要来源于日本原弘产以及荷兰 Lagerwey 的直驱风机技术。2006 年同日本原弘产成立合资成立湘电风能，采用日本 Zephyros（原 Lagerwey）Z721.5MW、2MW 的成熟技术，自主研发 XE 系列直驱永磁系列机组，例如 XE72、XE82、XE87、XE93。2009 年全资收购荷兰 Darwind，公司将荷兰 Darwind 应用在已有的 2MW 风力发电机生产线进行转型升级，用于研发超大型 5MW 风力发电机，于 2010 年投产。导入荷兰风电技术以后，湘电风能成为世界领先的风力发电机研究开发和生产商。目前公司直驱永磁机组实现产品覆盖 10kw-5MW，大力发展海上风机自主研发，开发专业的 5MW 海上风机，布局海上风电。

图 15：湘电风能机组技术来源及进程

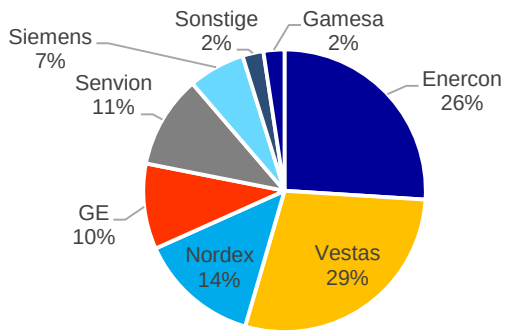


资料来源：湘电风能，申万宏源研究

德国的 ENERCON 公司拥有世界领先的直驱技术，目标市场有别于金风科技。德国的 ENERCON 公司是德国最大、欧洲最大、全球第五大风电机组制造商，2017 年全球市场占有

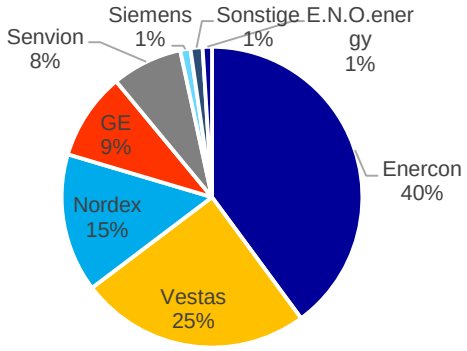
率 6%，公司 1984 年成立并于 1993 年向市场推出第一代无齿轮系统，接着相继开发 EP1、EP2、EP3、EP4 系列及最新产品 E-138EP3 和 E-126EP3，直驱技术成熟、专利储备丰富，产品范围覆盖 330KW-7.5MW 范围，并且针对不同的气候环境推出细分机型。同时，公司技术创新能力行业内遥遥领先，不仅直驱技术领先行业，在大型风机研发也领先世界；公司进行技术延伸，研发风叶、变速电机再到变流变频器、磁芯等。公司专注于陆上风机研发，不涉足海上风电机组，并坚持采用励磁而非永磁技术。不同于其他风电巨头纷纷布局全球市场，ENERCON 公司专注欧洲市场，做大做强德国、欧洲市场，2016 年公司欧洲业务占比高达 91%，北美业务占比 9%。

图 16：ENERCON 公司风机产品欧洲市场占有率第二（单位：%）



资料来源：ENERCON 官网，申万宏源研究

图 17：ENERCON 公司是德国市场占有率第一（单位：%）



资料来源：ENERCON 官网，申万宏源研究

表 8：ENERCON 公司发展历程

年份	历程简介
1984 年	ENERCON GmbH 由 AloysWobben 创立
1991 年	研发出世界上首个无齿轮箱的风机系统
1993 年	推出 E-40/500kW 系列：大规模制造第一代无齿轮系统
1995 年	安装原型 E-66/1.5MW
2002 年	第一台 4.5MW 风机 E-112
2005 年	调试 E-82/2000kW 原型
2006 年	原型机 E-20/100kW 和 E-53/800kW 的调试；E-112/6MW 进一步发展到 E-126/6MW
2007 年	原型 E-126 的完成
2010 年	扩大产品范围 E-82/2.3MW，E-82/3MW 和 E-101/3MW
2012 年	E-115/2.5MW 进一步优化发展
2014 年	开始生产 E-115 系列
2015 年	开发 4 兆瓦平台，展示 E-126EP4/4.2MW
2017 年	E-126EP3 和 E-138EP3 的公布

资料来源：ENERCON 官网、申万宏源研究

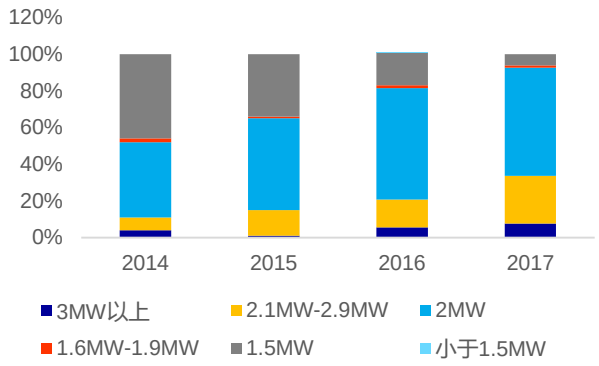
西门子等成熟风电制造商涉足直驱永磁领域，作为针对海上风电市场的补充产品。随着海上风电的发展，直驱永磁的优势逐步显现，拥有全球最大海上风电订单的西门子风电开始着力研发直驱永磁技术，先后研发了多款海上直驱永磁机组。GE 风电在收购 Scanwind 之后也开始储备直驱技术。但西门子、GE 等行业巨头的主要产品仍保持双馈式技术路线，直驱永磁技术只作为海上风电市场的补充产品。

未来若直驱永磁技术快速推广，金风科技市场份额将快速上升。随着风电行业发展趋势变化，直驱式机组优势凸显，直驱式机组有望未来成为主流机型。金风科技等直驱式机组制造商将凭借技术优势，提前抢占市场先机，扩大市场份额。由于金风科技竞争优势优于湘电风能，再加上拥有直驱永磁技术领先的 ENERCON 公司专攻德国本土及欧洲市场，金风科技将快速扩大国内市场占比，行业领先优势进一步扩大；针对海外市场，金风科技有望凭借成熟的直驱永磁技术加速开拓海外市场，突破欧洲市场。

2.3 风机大型化趋势显著，主流产品占据市场领先优势

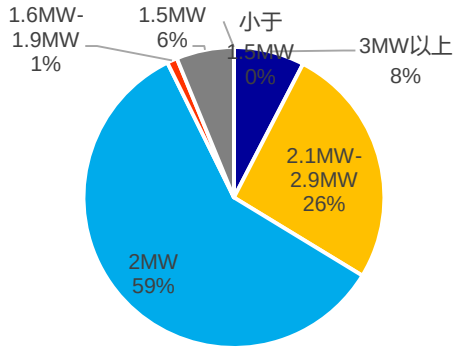
随着风电行业快速发展，风电单机容量呈现大型化趋势。目前，风电机组产生市场需求更迭，主流机型由 1.5MW 转变为 2.0MW，1.5MW 机组占比由 2014 年 46%快速下降至 2017 年 6%，2MW 机组市场占比则增长至 59%，3MW 以上的大兆瓦机组占比增长至 8%。公司对外销售容量也相应反映出市场需求变化，1.5MW 机组的对外销售量由 2014 年 85%降至 2017 年 12%；2MW 机组的对外销售量增长至 60%，2.5MW 机组的对外销售量增长至 27%。

图 18：1.5MW 机组市场占比快速下降（单位：%）



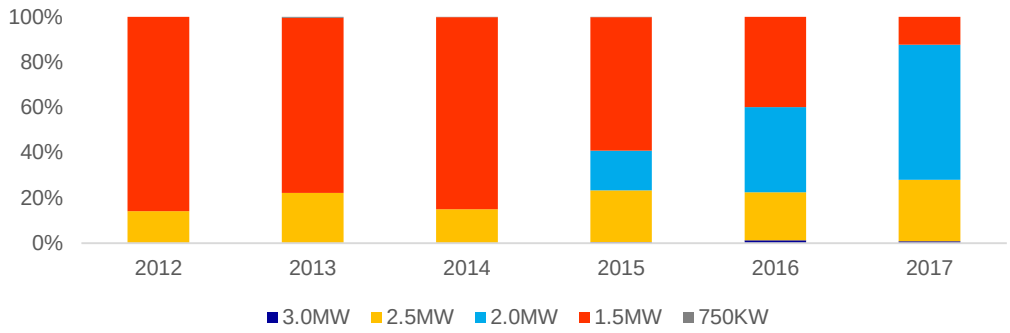
资料来源：CWEA、申万宏源研究

图 19：截至 2017 年风电行业主流机型是 2MW 机组（单位：%）



资料来源：CWEA、申万宏源研究

图 20：金风科技对外销售机组占比变化（单位：%）



资料来源：金风科技，申万宏源研究

公司紧随市场需求变化，加速产品研发及技术更新。公司早期最成熟机组为 1.5MW、2.5MW 机组，其中 1.5MW 机组是早期公司最为畅销的产品，但由于市场对于 2MW 机组的需求渐长，公司逐步调整产品研发及技术更新方向。公司 2MW 机组发力时间较晚，公司于 2014 年才推出 2MW 机组，此时 2MW 机组市场份额已增长至 41%，市场份额不占优势。公司在对原有成熟 1.5MW、2.5MW 机组进行技术优化的基础上，技术延伸大力开发 2MW 机组，同时提高产品覆盖范围，巩固市场份额。2017 年更新并推出了 2.XMW 平台多款机型，以应对低风速地区日益增长的装机需求。同时，公司于 2017 年推出全新的 GW3.0MW（S）平台，具有更大的单机容量并搭配高塔架，符合未来风电开发需求。目前，公司各风机系列平台基本实现风力范围全覆盖，不同规格机组满足多元客户需求。

公司 1.5MW 机组产品丰富覆盖范围涵盖超 I 类到 IV 类风区。公司 1.5MW 机组源自 Vensys 成熟直驱永磁技术，具有高效率、高可靠性、运维成本低、并网友好等技术特点。产品平台涵盖了从超 I 类到 IV 类风区的丰富产品配置，具备极强的环境适应性，广泛适用于高、低温，高海拔，低风速，沿海等复杂环境，市场竞争优势显著。2007 年金风科技首批 5 台 1.5MW 直驱永磁风电机组在达坂城投入运行，标志着金风科技直驱永磁风机正式走向市场，同时 GW1.5MW 产品创造了中国风电历史上单产品平台装机破万台的记录，是公司最为畅销的产品。截止 2017 年，1.5MW 机组下有 6 款机型，满足不同市场需求。

表 9：公司 1.5MW 机组技术发展历程

时间	事件
2007 年	首批 5 台 1.5MW 直驱永磁风电机组在达坂城投入运行，正式走向市场
2009 年	第一批 3 台 1.5MW 风机出口到美国明尼苏达州 UILK 项目，走入海外市场
2011 年	为埃塞俄比亚 Adama 风电场项目提供 34 台 1.5MW 直驱永磁机组
2011 年	首台直驱永磁高海拔 1.5MW 风力发电机组（GW87/1500 系列）在青海成功并网运行
2012 年	GW93/1500 超低风速机组，完成样机测试，目前已进入批量化生产进程；同步开发的 GW93/1500 高温型机组也已完成设计及场内试验工作
2014 年	公司 GW115/2000 超低风速直驱永磁机组在张北实现并网
2015 年	更新 1.5MW 风力发电机组，推出升级版 1.5VP 机组

资料来源：公司年报、申万宏源研究

表 10：全球主要 1.5MW 风电机组信息

公司	型号	GW66/1500	GW70/1500	GW77/1500	GW82/1500	GW87/1500	GW93/1500
金风科技	设计风区等级	超 IECIA	IECIA	IECIIA	IECIIB/IIIA	IECIIIB	S
	额定风速 m/s	12.5	11.6	11.1	10.3	9.9	9.5
	叶轮直径 m	66	70	77	82	87	93
	发电机类型	永磁直驱发电机					
	塔高 m	65	65	65/85	70/85	75/85	75/85
	叶片 m	31.8	34.2	37.3	40.3	42.1	45.2
	型号	**SL1500/70**	**SL1500/77**	**SL1500/82**	**SL1500/90**	**SL1500/93**	
华锐风电	设计风区等级	IECI/S	IECII	IECII	IECIII	IECIII	
	额定风速 m/s	11.5	11	10.5	10	9.5	
	叶轮直径 m	70	77	82	90	93	
	发电机类型	双馈异步发电机					
	塔高 m	65/70	65/70	65/70/80/100	70/80/100	70/80/100	
	叶片 m	34	37.5	40.25	43.5/44	45.3	
	型号	**XE83-1500**					
湘电风能	设计风区等级	IIIA					
	额定风速 m/s	10.5					
	叶轮直径 m	83.5					
	发电机类型	直驱永磁发电机					
	塔高 m	80m					
	叶片 m	40.3m					
	型号	**UP1500**	**UP1500-96**	**UP1500-97**			
联合动力	设计风区等级	潮间带机组	超高海拔机组	超低风速风电机组			
	型号	**WD1500 型**					
运达风电	风轮直径 m	77/82/88/93					
	发电机类型	变速恒频双馈发电机					

资料来源：公司官网、申万宏源研究

2.5MW 机组是国产风电机组佼佼者，2.5MW 产品平台拥有国内同级别最多元产品。2009 年 10 月，公司研发的首台 2.5MW 直驱永磁风机成功运行，标志着公司 2.5MW 机组开始迈入市场。公司 2.5MW 产品平台拥有最为成熟的直驱永磁全功率变流技术，是国内最早的 2.5MW 级别的产品平台。该平台下 2.5MW 机组产品适应性覆盖从 I 类到 IV 类的全部风区，配备多种塔架形式、叶轮尺寸及各种智能控制策略，产品多元满足不同风电项目的需求。2.5MW 平台多款型风机获得国内外权威机构认证，GW109/2500、GW121/2500_120mHH 机型获得国际权威认证机构 DNV-GL 颁发的型式和设计认证证书。2.5MW 平台除 GW103/2500 仅获得设计证书外，其余款型均同时获得鉴衡型式、设计双重认证证书。同时 GW121/2500 高海拔机型还获得鉴衡的 IECRE 证书。

表 11：全球主要 2.5MW 风电机组信息

公司	型号	设计风区等级	额定风速 m/s	叶轮直径 m	发电机类型	塔高 m	叶片 m
金风科技	GW103/2500	IECIB	10.8	103	永磁直驱发电机	80	50.5
	GW109/2500	IECIIA	10.3	109		80/90	53.8
	GW121/2500	IECIIIB	9.3	121		90/120	59.5
	GW130/2500	IECS	8.9	130		90/120	63.5
	GW109/2500VP	IECIIA	10.7	109		80/90	53.8
	GW121/2500VP	IECIIIB	9.7	121		90/120	59.5
远景能源	EN-2.5/110	IECS	9	110	双馈异步发电机	80/90/100	
	EN-2.5/121	IECS	7.5	121		80/90/101	
	EN-2.5/131	IECS	6.5	131		90/100/125/140	
湘电风能	XE104-2500	IECIIIB	11	104	永磁直驱发电机	80	50.5
	XE96-2500	IECIIIA	10.5	95.9		80	46.5
	XE93-2500	IECIIIA	11	93.4		80/90	45.3
运达风电	WD-2500			103/107/125/140	变速恒频双馈发电机		
GE	GE2.75-120	IECIIIS		85/110/120/139	双馈异步发电机	145/158.3/170/180/199	60
歌美飒	G106-2.5MW	IA		106	双馈异步发电机	72/80/93	52
	G114-2.5MW	IIA		114		68/80/93/125	56
	GW114-2.625MW	IIA		114		68/8093/125	56
	GW126-2.5MW	IIIA		126		84/102/129/137	62
	GW126-2.625MW	IIIA		126		84/102/129/137	62
西门子	SWT-2625-120	IECIIS		120	双馈异步发电机	85.1	59
Nordex	N100/2500	IECII		99.8	双馈异步发电机	75/80/100	
	N90/2500	IECI		90		65/70/80	

资料来源：公司官网、申万宏源研究

公司 2.XMW 机组代表国内最领先的低风速风机开发技术。随着风电机组大型化发展趋势显现，2.XMW 机组的成为主流机组。相较于海外机组，国内厂商的 2.XMW 机组多针对于低风速地区。公司较早布局低风速地区，基于上一代 2.0MW 型机组推出全新产品，主攻低风速及超低风速地区，覆盖国内中东部及南方地区、国际 II 类和 III 类风区，能够在高温、低温、高湿、高海拔、多风沙等不同环境下保持稳定高效运行，满足不同的客户需求。2.XMW 机组除 GW126/2200 机组外，其余款型均获得鉴衡认证型式或设计双重认证。

表 12：国内主要 2.XMW 风电机组信息（单位：m/s、m）

国内主要 2.XMW 机型							
公司	型号	设计风区等	额定风速	叶轮直径 m	发电机类型	塔高 m	叶片 m

		级	m/s				
金风科技	GW108/2000	IIIB/IIIA	9.5	108	永磁直驱发电机	80	52.5
	GW115/2000	S	9	115		80/85/90/100	57
	GW115/2100	S	9.2	115			57
	GW115/2200	S	9.4	115			57
	GW121/2000	S	8.8	121		85/90/100	60
	GW126/2200	IECIIIB	8.8	126		85/90	62
	GW131/2200	S	8.6	131			64
	GW131/2300	S	8.8	131			64
远景能源	EN-2.2/110	IECS	7	110	双馈异步发电机	80/90/100	
	EN-2.2/115	IECS	6.5	115		80/90/100	
	EN-2.2/121	IECS	6.5	121		80/90/100/120	
	EN-2.2/131	IECS	6	131		90/100/125/140	
	EN-2.3/103	IECS	8.5	103		80/90/100	
	EN-2.3/110	IECS	8	110		80/90/100	
	EN-2.3/115	IECS	7.5	115		80/90/100	
湘电风能	XE90-2000	IIIA	12	90.2	永磁直驱发电机	75	43.8
	XE87-2000	IIB	12	87.6		70/80	42.5
	XE82-2000	IIB	12	82.6		80	40
	XE72-2000	IIB	13	70.6		65	34
华锐风电	SL2000/100	IECIIA	10.5	100	双馈感应发电机	80/90/100	48.8
	SL2000/110	IECIIIA	9.5	110			53.4
	SL2000/116	IECS	9	116			56.5
	SL2000/121	IECS	8.7	121			59.3
联合动力	2MW87/96	抗台风机组					
	UP2000-103	针对江苏、安徽等低风速风场					
	UP2000-105						
	UP2000-115						
运达风电	WD-2000			103/107/110/115/121/131			

资料来源：公司官网、申万宏源研究

表 13：全球主要 2.XMW 风电机组信息（单位：m/s、m）

海外主要 2.XMW 机型							
公司	型号	设计风区等级	额定风速 m/s	叶轮直径 m	发电机类型	塔高 m	叶片 m
ENERCON	E92-2.35MW	IIA		92	直驱励磁发电机	78/84/85/98/104/108/138	
	E82E2-2MW	IIA		82		78/84/85/98/108/138	
	E82E2-2.3MW	IIA		82		78/84/85/98/108/138	
	E82E4-2.35MW	IA/IIA		82		59/69/78/84	

	E82E4-3MW	IA/IIA		82		69/78/84	
	E70-2.3MW	IA/IIA		71		57/64/75/85/98/114	
	E103EP2-2.35MW	IIIA		103		98/138	
	V90-2.0MW	IECIIA/IECS		90		85/95/105	44
	V100-2.0MW	IECIIB		100		80/95	49
VESTAS	V110-2.0MW	IECIIIA		110	双馈发电机	80/95	54
	V116-2.1MW	IECIIB		116		80/94	57
	V120-2.2MW	ECIIB/IECS		120		80/92/102	59
西门子	SWT-2.3-101	IECIIA	8.5	101	双馈异步发电机	80	49
	SWT-2.3-108	IIB	8.5	108		78.5-115	53
Nordex	N117/2400	IECIIIA		116.8	双馈异步发电机	91/120/141	
GE	2MWPlatform	IEC IIS/IIIS		133.6/138.4/147.3/152.1	双馈异步发电机	80/90/94	53.6/58.4
	G80-2.0 MW	IA		80		60/67/78/100	39
	G87-2.0 MW	IA		87		78/100	42.5
	G90-2.0 MW	IA		90		55/78/90	44
歌美飒	G97-2.0 MW	IIA/IIIA/CS		97	双馈异步发电机	78/90/100/104/120	47.5
	G114-2.0MW	IIA/IIIA		114		80/93/106/125	56
	G114-2.1MW	IIIA/CS*		114		80/93/106/153	56

资料来源：公司官网、申万宏源研究

最新 GW3.0MW(S)产品平台推出，符合风电发展大型化趋势。风电机组逐渐朝着大型化趋势发展，公司积极布局 3MW 以上大兆瓦风电机组，在原先 2.5MW 和 3MW 机型平台升级打造 GW3.0MW(S)产品平台，产品沿用金风最为成熟的直驱永磁全功率变流技术路线，并于 2016 年 10 月推向市场，2017 年 1 月首台 GW3.0MW(S)样机在张北草原并网发电。同年 10 月，GW3.0MW(S)产品平台推出全新子系列 GW136-4.XMW(S)，GW136-4.XMW(S)和 GW140/3.X 共同组成全新 GW3.0MW(S)产品平台，该全新平台部分涵盖超低风速地区选型需要，全部覆盖中低速地区选型需要，甚至在中高风速区域都有着相当强的适用能力，适用范围达 5.5m/s~9.5m/s。最新 GW3.0MW(S)产品平台推出，满足了国内外陆上风电不同风区多元化需求，共同使金风陆上大容量产品谱系更加完整。

GW3.0MW(S)产品平台融入最先进风电技术，是面向全球市场的主推的智能化风机。作为是金风科技面向陆上中低风速区域的新一代国际机组平台，GW3.0MW(S)产品平台融入了金风科技所有最先进技术，具备超强的发电性能。例如采用双线设计，海上高配技术陆地化保障高发电效率；采用柔性的塔架高度适应性设计、柔性功率可调技术，实现塔架与 GW3.0MW(S)机型间的柔性配置，在满足发电需求的同时降低开发成本。同时配置了智能感知、监测和专家支持系统，通过智能化感应和学习，实现机组间的协调与控制，大大提升单机及整场发电量。GW3.0MW(S)平台通过应用一系列革命性技术，不断提高风资源利用率，

提升风机的生命周期，逐渐成为了金风科技面向市场未来的排头兵。2017 年，GW3.0MW(S)产品平台成功走向世界，参与建设澳洲项目 StockyardHill。

表 14：GW3.0MW(S)产品平台主要特点

特点		功能介绍
智能化	智能感知	对机组关键部位监测更为充分，为故障预警和精细化控制提供基础
	智能传输	数据传输效率及便利性大大增强，支持远程数据烧录及传输
	智能运维	全面支持金风最新开发的智慧运维解决方案（GWSESASERIES）实现运维灵活定制、标准高效、智慧透明
	智能控制	柔性功率控制，机组出力自动调节，跟据实际需要柔性调节单机容量，提高发电能力，稳定整场出力
可靠性		无齿轮箱设计
		叶轮直接驱动发电机，避免对中不准造成的轴承损坏
适应性强	维护适应性	双线控制，单一回路出问题可以保障半功率运行，提升 MTBF
	环境适应性	功率柔性控制
	柔性的塔架高度适应性	针对每个项目对塔架高度的需求不同搭配不同规格的塔架
	施工适应性	满足中东部及部分南方项目运输吊装需求，支持单叶片吊装能力，减少征地，所需工作面减少 40%
	风能资源范围广	部分超低风速地区，全部覆盖中低速地区，甚至中高风速区域

资料来源：公司官网、申万宏源研究

表 15：全球主要 3MW 以上大兆瓦风电机组信息（单位：MW）

公司	型号	功率	设计风区等级	叶轮直径 m	发电机类型	塔高 m	叶片 m
VESTAS	V90-3.0MW	3MW	IECIA/IECIIA	90	双馈发电机	65/80	44
	V105-3.45MW	3.45MW	IECIA	105		72.5	51.2
	V112-3.45MW	3.45MW	IECIA	112		69/94	54.7
	V117-3.45MW	3.45MW	IECIB/IIA	117		80/91.5/116.5	57.2
	V117-4.2MW	4.2MW	IECIB/IECIIA/IECS	117		84/91.5	57.2
	V126-3.45MW	3.45MW	IECIIA/IECIIB	126		87/117/137/147/149/166	61.7
	V136-3.45MW	3.45MW	IECIIIA/IECIIB	136		82/112/132/149	66.7
	V136-4.2MW	4.2MW	ECIECIIB/IECS	136		特定	66.7
	V150-4.2MW	4.2MW	IECIIIB/IECS	150		特定	73.7

ENERCON	E82E4-3MW	3MW	IA/IIA	82	直驱励磁发电机	69/78/84	
	E115EP3-3 MW	3MW	IECIIA	115.7		92/122/135/149	
	E115EP3-3.2 MW	3.2MW	IECIIA	115.7		92/122/135/149	
	E101EP3-3.0 5MW	3.05MW	IECIIA	101		99/124/135/149	
	E101EP3-3.5 MW	3.5MW	IECIA	101		74	
	E126EP3-4 MW	4MW	IECIIA	127		86/116/135	
	E138EP3-3.5 MW	3.5MW	IECIIIA	138		81/111/131/160	
	E126EP4-4 MW	4MW	IECIA/IECIIA	127		99/135/159	
	E141EP4-4.2 MW	4.2MW	IECIIA	141		99/129/135/159	
西门子	SWT3.2-101	3.2MW	IECIA	101	直驱永磁发电机	74.5-94	49
	SWT3.4-101	3.4MW					
	SWT3.2-108	3.2MW	IECIA	108		74.5-94	53
	SWT3.4-108	3.4MW					
	SWT3.2-113	3.2MW	IECIIA	113		83.5-115	55
	SWTDD-120	3.9-4.3 MW	IECIA/IECS	120		75-155	59
	SWTDD-130	3.9-4.2M W	IECIIA	130		85-165	63
	SWTDD-142	3.5-3.9M W	IECIIA	142		99-165	69.3
Nordex	N100/3300	3.3MW	IECIA	99.8	双馈异步发电机	75/85/100	
	N117/3600	3.6MW	IECIIA	116.8		76/86/91/106/12 0/141	
	N131/3600	3.6MW	IECIIA	131		84/106/112/114/ 120/134	
	N131/3300	3.3MW	IECIIIA	131		84/106/112/1141 20/134	
	N131/3900	3.0MW	IECS	131		84/114/120/134	
	N149/4.0-4. 5	4.0-4.5M W	IECS	149.1		105/125/164	
GE	GE3.2-103	3.2MW	IECIIB	103	双馈异步发电机	175/199/225	
	GE3.2-130	3.2MW	IECIIB/IIIA	130		150/175/199	
	GE3.8-130	3.8MW	IECIIB	130		150/175/199/233	
	GE3.6-137	3.6MW	IECIIIB	137		178.5/199/223	
	GE4.8-158	4.8MW	IECS	158	双馈感应发电机	180/199/228/240	
歌美飒	G132-3.3M	3.3MW	IIA	132	双馈异步发	84/97/114/134/1	64.5

	W				电机	54	
	G132-3.46MW	3.465MW	IIA	132		84/97/114/134/154	64.5
	G132-5MW	5M2	IIA	132	永磁同步发电机	95/120/140	64.5
西门子&歌美飒	SG 4.2-145	4.2MW		145	双馈异步发电机	107.5/127.5/157.5	71
远景能源	EN-3.0/110	3.0MW	IECIIA	120	双馈异步发电机	90/110/125/140	
	EN-3.0/140	3.0MW	IECS	140		90/110/125/140	
华锐风电	SL3000/90	3.0MW	IECI	90	双馈异步发电机	80/90	44/45
	SL3000/105	3.0MW	IECII	105		80/90/100/110	50.3
	SL3000/113	3.0MW	IECIII	113		90/100/110	55
	SL3000/121	3.0MW	IECIII	121		90/100/110	58/58.3
金风科技	**GW140/3MW(S)**	**3MW-3.4MW**	**IECIIIA**	**136/140**	**永磁直驱发电机**	**100-160**	
	GW136-4.0/4.2MW(S)	**4MW-4.2MW**	**IECIIA**	**136**		**110-160**	
湘电风能	XE115-5000	5MW	IIIA	115	直驱永磁发电机	100	55.5
联合动力	UP3000-108	3MW	陆上、海上潮间带				
	UP3000-120	3MW					

资料来源：公司官网、申万宏源研究

公司产品技术成熟，主流产品占据市场领先地位。在今年行业专业期刊《Wind power Monthly》公布了全球最佳风机评选结果中，公司的 GW140/3MW 机型荣获“最佳大功率陆上风电机组（3MW 以上）机型”金奖，这是我国整机产品近年来首次获得金奖；公司的 GW115/2.0MW 机型荣获**“最佳陆上风电机组**（2.9MW 以下）机型”铜奖，这是公司这一机型连续第二年上榜，排名上升 3 位。随着公司技术水平提高，产品的市场竞争力显著提升，占据市场领先地位。

表 16：2017 年全球最佳陆上风电机组（2.9MW 以下）机型（单位：MW）

品牌	机型	IEC 等级	单机容量	发电机	塔高	风轮直径	产品亮点
Vestas	V116-2.2MW	IB	2.2MW	双馈异步	客户需求	116m	基于原有 2MW 机型更新:增大扫风面积的同时保持叶根直径不变，也保证了更小的重量增加。
Siemens Gamesa	G114-2.0MW	IIA/IIIA	2MW	双馈异步	80-153m	114m	适用于低风速地区；拥有 153m 的塔高记录；
金风科技	**GW115/2000**	**S**	**2MW**	**直驱永磁**	**80/85/100m**	**115m**	**针对于中国低风速市场地区；产品基于成熟机组 1.5MW；技术来源于 Vensys 的核心技术**
GE	2.0-116MW	II/S	2MW	双馈异步	80/90/94m	116m	GE2.0MW-2.5MW 平台最优秀产

							品；产品基于公司 1.5MW 机组技术；公司双馈技术成熟，属于行业领导者
Siemens Gamesa	G126-2.5MW	IIA	2.5MW	双馈异步	69-126m	126m	2MW 平台产品更新，拥有较大的风轮
Enercon	E-103EP2	IIA	2.35MW	直驱励磁	98/158m	103m	专为低风速研发，基于 E-92EP2 系列
Nordex	N117/2400	IIA	2.4MW	双馈异步	141m	117m	针对低风速地区；叶片采用特殊碳材料，质量轻
Envision	EN115-2.3	IIA	2.3MW	双馈异步	80/94m	115m	产品主要针对中国市场，在原有机型上进行更新优化
Senvion	MM92	IB/IIA	2MW	双馈异步	64-100m	92m	拥有广泛的使用范围
W2E	W2E-116/2.0MW	IIA	2MW	双馈异步	90/100/160m	116m	对于轴承、空心轴等零部件进行了优化创新

资料来源：北极星风力发电网、申万宏源研究

表 17：2017 年全球最佳陆上风电机组（3MW 以上）机型

品牌	机型	IEC 等级	单机容量	发电机	塔高	风轮直径	产品亮点
金风科技	**GW-1403MW**	**IIIA**	**3.0MW-3.4MW**	**直驱永磁**	**100-160m**	**140m**	**产品基于原 2.5MW 机型升级及改造；**
Senvion	3.6M140EBC	S/IIB/IIA	3.6MW	齿轮感应	107-160m	140m	该平台第一个产品；采用全新叶片、塔架；该型号 3.7MW 有望 2018 年推出
Lagerwey	L136-4.0-4.5MW	IIA	4.0MW-4.5MW	直驱永磁	120/132/166m	136m	机组更轻薄、紧凑，技术进一步优化；拥有自主产权的双轴承技术
Vestas	V136-3.45MW	IIB	3.45MW	齿轮感应	最高166m	136m	基于成熟的 3MW 平台；拥有更大的风轮半径，塔高达到 166 米；该系列 4.2MW 成功制成
Enercon	E-141EP4	IIA	4.2MW	直驱励磁	129/149m	141m	拥有针对 II 类风区最大风轮直径的机组；配有最先进的发电机及叶片、塔架
Nordex	AW125/3000	IIB	3.0-3.15MW	双馈异步	120/137.5m	125m	产品在北美、巴西、印度拥有广阔市场；
GE	3.6-137	IIIB	3.6MW	双馈异步	最高164.5m	137m	产品属于 GE 的 3.2-3.8MW 平台，技术来源于 2.5MW 系列；
SiemensGamesa	SWT-DD-142	IIIA	3.5-3.9MW	直驱永磁	99/165m	142m	产品采用直驱永磁技术；产品可以根据需求调节容量，拥有较大风轮直径
Enercon	E-115/3.2MW	IIA	3.2MW	直驱励磁	99-149m	115.7m	产品是公司 2017 年主推产品，叶片采取分段技术，轻质化、高强度
Envision 远景	EN120-3.0	IIA	3MW	双馈异步	90/定制	120m	产品拥有高精度的传感器、先进的控制技术，发电效率得到优先提升

资料来源：北极星风力发电网、申万宏源研究

GW115/2.0MW 机型主打国内超低风速地区，是公司最具竞争优势机型之一。2014 年 4 月，金风科技 2MW 产品 GW115/2000 机组在张北试验风电场完成吊装，2015 年产品正式大规模推向市场。该产品基于 1.5MW 机组的设计平台，采用 2.5MW 机组的发电设计，发电量较 GW93/1500 提高至少 13%。由于采用直驱永磁技术，风速范围广，能够高效捕捉低风速地区风能，捕捉区域下探到了风速 5.2 米/秒的范围，同 GW121/2.5MW 机组比较，在年平均风速越低的条件下，发电量提升效率越高，5m/s~5.5m/s 间提高约 11%；同时，能够适应 50HZ/60HZ 的电网，低电压穿越能力强，并网友好，大大提高了机组发电量。

GW140/3MW 机型引领国内陆上风机大规格发展，反映未来风电发展最先进技术。GW140/3MW 机型基于技术成熟的 GW2.5MW 机型，集合了公司最先进技术，采用双线设计，将海上机型先进技术引入陆上风机机组。采用柔性功率，机组功率实现动态调节最高能达到 3.7MW。引入数字化、智能化技术，实现智能感知、智能控制、智能运维，采用金风科技最新开发的智慧运维解决方案（GWSESASERIES），实现机组运维的灵活定制、标准高效和智慧透明。GW140/3MW 机型的推出直接提高了我国陆上风机的规格，拉高至“140-140-3400”水平，并且适用范围部分涵盖超低风速地区，全部覆盖中低速地区，甚至在中高风速区域也有相当强的适用能力。随后，同平台产品 GW136/4.2MW 机型的推出，则刷新了我国陆上风电机组的最大容量，丰富并使公司陆上大容量产品谱系更完整。

表 18：GW 140/3MW 的特点及性能介绍

特点		性能优势
新技术	双线设计	融入海上机型先进技术，该技术可使机组在一条电气回路出现故障时，可使用另一条回路运行发电而不必完全停机，相当于为业主的发电效益上了“双保险”提升设备利用率，减少运维成本；
	柔性功率	使 GW140/3MW 机型根据实际需求实现从 3MW 至 3.4MW 的满发功率动态调节。在部分风况、环境条件理想的情况下，机组能够达到满发功率 3.57MW
数字化实现高智能	智能感知	GW140/3MW 的传感数量是传统的 2 倍，实现更全面的监测
	智能控制	配备了场群控制平台，提高发电量 1%~2%；通过偏航矫正、尾流控制、扇区管理、载荷自适应技术、风场定制化控制、系统诊断升容等一系列场群控制技术提高整场发电量 1.5%以上
	智能运维	采用最新开发的智慧运维解决方案（GW SES A SERIES），从而实现机组运维的灵活定制、标准高效和智慧透明
大规格	陆上高规格	风轮直径 140 米，塔架高度 140 米（目前可达 160 米），单机容量 3.4MW 左右
	适用范围大	机型可部分涵盖超低风速地区，全部覆盖中低速地区，甚至在中高风速区域；单叶片吊装技术应用，提高了吊装效率，降低项目建设成本

资料来源：公司官网、申万宏源研究

2.4 适应风电开发区域调整，推陈出新领跑低风速市场

我国低风速资源非常丰富，市场开发前景广阔。我国风能资源丰富，但是品质较低，且分布在内蒙、新疆、甘肃等地，距离用电负荷较远。随着风电厂开发，受地域限制高风速地

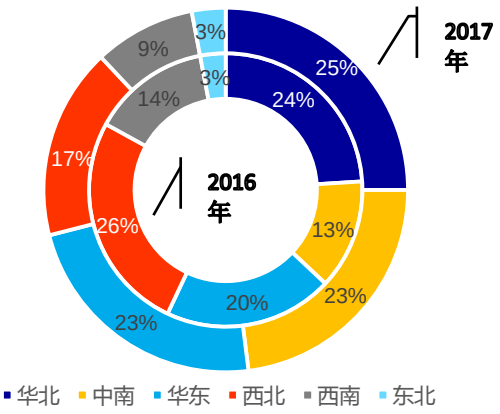
区选址将越来越困难。相反，我国低风速地区风能更加普遍且资源更加丰富。低风速地区一般是指年平均风速低于6米/秒的地区，占中国国土面积约78%，该地区接近电力负荷中心，电网条件好，电网结构和消纳能力都较强，很少会出现弃风。主要集中在福建、广东、广西、安徽、湖南、湖北、江西、四川和云贵地区，目前仅开发了不到7%。

图21：我国低风速风能资源丰富，多集中于中东部及南方地区

资料来源：北极星风力发电网、申万宏源研究

三北地区弃风限电形势严峻，国内风电发展逐渐向低风速地区转移。三北地区一直是我国传统风电装机区域，但由于弃风限电、并网与消纳等“下游因素”影响日益凸显，国内风电逐步向并网条件较好的低风速地区倾斜，低风速地区的新增装机占比由2016年47%增长至2017年55%。《风电发展“十三五”规划》明确提出，加快开发中东部和南方地区陆上风资源，并确定了2020年中东部和南方地区陆上风电新增并网装机容量42GW以上、累计并网装机容量达到70GW以上的发展目标。风电发展向低风速转移确定，中东部、南方地区将迎来低风速发展黄金期。

图22：近年各区域装机情况（单位：%）



资料来源：CWEA、申万宏源研究

低风速风电开发各环节技术要求高，是机遇更是挑战。低风速风能能量密度低，风力不稳定，风向多变；南方低风速地区开发部分基于丘陵地区、复杂地形，对微观选址、风场投资建设模式要求更高，造成风电项目投资成本较高。为适应低风速地区风力特点，风电机组要应对强端流、瞬时风速变化、极端气候及地形，在低风速情况下最大限度捕捉风能，这给低风速风电开发提出更高要求，尤其是风电机组。为最大化、最经济利用低风速资源，风电机组需要采用更长的风机叶片，增加风机吸入量；采用更高的塔架获取较高风速；提高额定功率下最佳叶轮跟踪，提高吸风效率；拥有稳定、高效、可靠的风电机组，使得风电技术要求大幅提高，对于风电制造商既是机遇又是挑战。

表 19：低风速区域对风电机组技术要求

技术要求	解释	难度影响
增加风机叶轮直径	即为增加扫风面积，提高单位千瓦的扫描风面积，增强吸入风能的能力	机组的载荷增加，尤其是对轴承、塔筒的承载能力要求提升
提高风机轮毂高度	中东部南方区域的风速比较小，远低于“三北”区域的风速。风速会随着垂直高度增加而增加较大，采用高的塔架来获取较高的风速成为必然选择	塔筒要尽可能高，缓解共振，采用全新材料和技术，提高稳定性和支撑力
提高额定功率下最优叶片跟踪	保证叶轮吸风效率持续最高，在较长的风速段内保持最长且最多的发电时间	下探跟踪低风速风力区域，最大程度捕捉低风速风能，直驱永磁全功率变流技术优势显著
提高机组效率及稳定性	提高风能转换为电能的效率	需要在保障机组安全性、可靠性、低成本的基础上革新工艺技术；减少零部件损耗和维修

资料来源：北极星电力网、申万宏源研究

紧随风电装机需求结构调整，国内、外风电制造商加速布局低风速。中国市场是全球风电市场的引擎，随着中国低风速区域装机需求日益增长，国内外风机制造商加速研发适应低风速、超低风速风机，纷纷布局低风速领域，推出适合中国市场的产品和技术。2017 年，

各大厂商低风速专业风机技术创新加速，先后推出大叶片、高塔筒、稳定可靠地风电机组。低风速区域覆盖范围从 6.5 米/秒下探到 5 米/秒以下，并且还在向更低风速下探。风机整机商努力促进低风速技术更新迭代，使以前不具备开发价值的资源，具备开发价值；积极布局低风速资源区，抢占市场先机。

维斯塔斯基于 4MW、2MW 平台推出多款风电机型，瞄准中国低风速风电市场。维斯塔斯针对低风速地区推出一系列全新产品，其中 V150-4.0/4.2MW 是目前全球最大陆上低风速风电机组。该型机组叶轮直径达 150 米，搭配 166 米高塔筒，风机高度达 241 米，成为全球最大陆上低风速风电机组，该机组可以在低风速地区提高 20%以上发电量，V150 将成为全球发电量最高的低风速陆上风机。2MW 平台全新推出的 V116-2.0MW 、V120-2.0/2.2MW 是专为中国市场设计的崭新而成熟的新机型，产品基于成熟的 2MW 平台，保留现有的机舱和轮毂设计，能在中、低和超低风速条件下交付更高发电量，具有度电成本优势。与上一代机型 V110-2.0MW 相比，适应中、低风速的 V116-2.0MW 风机扫风面积增加 11%，发电量提升 4%，适应超低风速的 V120-2.0MW 风机扫风面积增加 19%，发电量提升了 13%。

西门子歌美飒（SGRE）也推出了针对低风速设计的 G122-2.1 MW 机型。G122-2.1 MW 机型以其 2.0MW 平台为基础，其机型设计基于在全球已有超过 5GW 订单的 G114-2.1MW 机型上获得的成熟技术，通过对叶片的改良，整体发电量提升了 7%。该产品专门针对中国、印度低风速地区设计，G122-2.1 MW 风机将直径 122 米的全新叶轮与 2.1 MW 发电机相结合，将成为陆地风电市场上获得高收益的标杆产品。

海外巨头 GE 也推出了全新机型 GE 2.5-132 机型。该机型采用自主设计的 132m 叶轮直径，搭载了 GE 成熟的独立变桨控制技术，利用双馈变频系统将产生的电能高效并入电网，最大限度提高了年发电量。

联合动力 UP2000-129、UP3000-136/146 是目前全球 2MW、3MW 级别扫风面积最大的风力发电机组。UP2000-129 机组针对年平均风速 6m/s 的低风速地区，风轮直径达到 129.1m，单位千瓦扫风面积达到 6.54 平方米，是中国也是世界最大 2MW 扫风面积低风速机组。UP3000-136/146 针对超低风速地区，机组具有良好的电网适用性，在抗电网闪断和谐波方面也表现不俗。UP3000-146 为目前叶轮扫风面积最大的 3MW 风力发电机组，捕捉风能能力强，技术领先世界。

远景能源 EN-131/2.5MW 陆上机型是国内外首款可以下探到低风速区间的 2.5MW 单机容量机组产品。2017 年远景能源推出的 EN-131/2.5MW 机型基于 AWS 云平台的计算能力以及 DOE 优化算法，实现了叶片全局寻优及更多目标优化，做到了高效率、低载荷的最优翼型。另外，进一步提升了电能的转换效率，在平均风速 5m/s 的风资源场景下可实现超过 2000h 的年利用小时数，是国内外首款可以下探到低风速区间的 2.5MW 单机容量机组产品。同时，这款机型的低噪音设计控制，有效提升其环境友好性。

同时，远景能源主打的低风速机型 EN-131/2.2MW 和新推出的 EN-140/3.0MW 机型进一步扩大了产品选择。EN-131/2.2MW 机型是目前 2MW 级全球最大叶轮直径的投运机组，可使平均风速 4.8 米/秒的风资源利用超过 2000 小时，在低风速、高剪切风场还可以配置最高可达到 140 米的全钢柔性塔筒，为客户创造更高的发电效益。EN-140/3.0MW 机型同

EN-120/3.0MW 机型出自同一个平台，由远景能源全球研发团队共同开发，单位重量功率输出最高，其模块化升级后的部件复用率 95%以上，机舱和塔筒可完全采用 2.XMW 平台机型的运输和吊装方案，更轻量的钢制锥筒和基础设计给风场带来更低的单位千瓦造价，为客户创造更高的投资回报率。由于大兆瓦、低风速、低噪音特性，这款新机型有效解决了低风速风电开发面临的容量不足、单位千瓦投资高的问题。

此外，三一重工和运达风电也相继推出全新低风速机型。三一重能发布的专门针对超低风速风况的 906 机型（2.5MW 平台），是第三代超低风速 2.5MW 平台产品，在 5m/s 的年平均风速下，年利用小时数高达 2150 小时。运达风电从 2012 年开始研究低风速地区风电机组，在基于第一代 110、115 平台的基础上，2016 年推出了 121-2.0MW 第二代产品技术，2017 年更新为第三代的 131-2.2MW 和 140-2.5MW。第三代 WD2.X 系列超低风速产品拥有“双平台”设计，并完成了风轮直接从 125m~140m、额定功率从 2.0MW~2.6MW 的全覆盖。

表 20：全球主要竞争对手低风速风电机组（单位：MW、m）

	型号	设计风区等级	额定风速 m/s	叶轮直径 m	发电机类型	塔高 m	叶片 m
国内							
华锐风电	SL1500/70	IECI/S	11.5	70	双馈异步发电机	34	65/70
	SL1500/90	IECIII	10	90	双馈异步发电机	43.5/44	70/80/100
	SL1500/93	IECIII	9.5	93	双馈异步发电机	45.3	70/80/100
	SL2000/110	IECIIIA	9.5	110	双馈感应发电机	80/90/101	53.4
	SL2000/116	IECS	9	116	双馈感应发电机	80/90/102	56.5
	SL2000/121	IECS	8.7	121	双馈感应发电机	80/90/103	59.3
	SL3000/113	IECIII	11	113	双馈异步发电机	90/100/110	55
	SL3000/121	IECIII	10.5	121	双馈异步发电机	90/100/110	58/58.3
湘电风能	XE83-1500	IIIA	10.5	83.2	直驱永磁发电机	80	40.3
	XE90-2000	IIIA	12	90.2	永磁直驱发电机	75	43.8
	XE104-2500	IECIIIB	11	104	永磁直驱发电机	80	50.5
	XE96-2500	IECIIIA	10.5m/s	95.9	永磁直驱发电机	80	46.5
	XE93-2500	IECIIIA	11m/s	93.4	永磁直驱发电机	80/90	45.3
	XE115-5000	IIIA	10.5	115	永磁直驱发电机	100	55.5
远景能源	EN-2.2/110	IECS	7	110	双馈异步发电机		80/90/100
	EN-2.2/115	IECS	6.5	115	双馈异步发电机		80/90/100
	EN-2.2/121	IECS	6.5	121	双馈异步发电机		80/90/100/120
	EN-2.2/131	IECS	6	131	双馈异步发电机		90/100/125/140

	EN-2.3/103	IECS	8.5	103	双馈异步发电机		80/90/100
	EN-2.3/110	IECS	8	110	双馈异步发电机		80/90/100
	EN-2.3/115	IECS	7.5	115	双馈异步发电机		80/90/100
	EN-2.5/110	IECS	9	110	双馈异步发电机		80/90/100
	EN-2.5/121	IECS	7.5	121	双馈异步发电机		80/90/101
	EN-2.5/131	IECS	6.5	131	双馈异步发电机		90/100/125/140
	EN-3.0/140	IECS	7	140	双馈异步发电机		90/110/125/140
	UP1500-97	超低风速		97	双馈发电机		
	UP2000-103	低风速		103	双馈发电机		
	UP2000-105	低风速		105	双馈发电机		
联合动力	UP2000-115	低风速		115	双馈发电机		
	UP2000-121S			121	双馈发电机		
	UP2000-129			129	双馈发电机		
	UP3000-136/146	超低风速		136/146	双馈发电机		
				海外			
ENERCON	E103EP2-2.35MW	IIIA		103	直驱励磁发电机		98/138
	E138EP3-3.5MW	IECIIIA		138	直驱励磁发电机	81/111/131/160	
	V90-2.0MW	IECIIA/IECS		90	双馈发电机	85/95/105	44
	V110-2.0MW	IECIIIA		110	双馈发电机	80/95	54
	V116-2.0MW	IECIIIA/IECS		116	双馈发电机	80/95	57
	V120-2.0MW	IECIIIA/IECS		120	双馈发电机	80/95	59
	V120-2.2MW	IECIIB/IECS		120	双馈发电机	80/92/102	59
VESTAS	V117-4.2MW	IECIB/IECIIA/IECS		117	双馈发电机	84/91.5	57.2
	V136-3.45MW	IECIIIA/IECIIB		136	双馈发电机	82/112/132/149	66.7
	V136-4.2MW	ECIECIIB/IECS		136	双馈发电机	特定	66.7
	V150-4.2MW	IECIIIB/IECS		150	双馈发电机	160	73.7
	N117/2400	IECIIIA		116.8	双馈异步发电机	91/120/141	
	N131/3300	IECIIIA		131	双馈异步发电机	84/106/112/114120/134	
Nordex	N131/3900	IECS		131	双馈异步发电机	84/114/120/134	
	N149/4.0-4.5	IECS		149.1	双馈异步发电机	105/125/164	
	GE 2.5-132	IECIIIS		132	双馈异步发电机		
GE	GE2.75-120	IECIIIS		85/110/120/139	双馈异步发电机	145/158.3/170/180/199	60
	2MWPlatform	IECIIIS		80/90/94	双馈异步发电机	133.6/138.4/147.3/152.1	53.6/58.4

	GE3.2-130	IECIIB/IIIA	130	双馈异步发电机	150/175/199	
	GE3.6-137	IECIIIB	137	双馈异步发电机	178.5/199/223	
	GE4.8-158	IECS	158	双馈感应发电机	180/199/228/240	
	G97-2.0 MW	IIA/IIIA/CS	97	双馈异步发电机	78/90/100/104/120	47.5
	G114-2.0MW	IIA/IIIA	114	双馈异步发电机	80/93/106/125	56
歌美飒	G114-2.1MW	IIIA/CS*	114	双馈异步发电机	80/93/106/153	56
	GW126-2.5MW	IIIA	126	双馈异步发电机	84/102/129/137	62
	GW126-2.625MW	IIIA	126	双馈异步发电机	84/102/129/137	62
西门子	SWTDD-120	IECIA/IECS	120	直驱永磁发电机	75-155	59

资料来源：公司官网、申万宏源研究

受益于直驱永磁技术，公司低风速机组优势显著。直驱永磁机组采用的是全功率变流器，因变流器容量决定了风速调速范围，一般来看，全功率变流器的风速可调范围为 50%-100%，而传统机组的风速可调范围一般只能做到 70%-100%，意味着直驱永磁机组能够下探到更低的风速，更好利用低风速资源，吸风效率高。公司专注直驱永磁技术 30 年，技术领先行业，机组可靠稳定，低风速机组性能领先优势显著。例如，国内其他的机组产品只能从 3~5 米/秒的风速向上最优跟踪，而 GW115/2MW 的最优跟踪风速往前可以延伸到 2.5 米/秒的风速区域，覆盖了其他机组在切入风速 2.5 米/秒到 3 米/秒之间无法最优跟踪的区域。

长期布局低风速领域，产品创新加速迭代完善细分产品谱系。公司对于低风速风机的研究起始于 2008 年，一直走在理论研究和风机制造前沿，从 GW1500、GW2500、GW2000、GW3000 再到今年重推的 GW2.XMW 低风速机型平台、GW3.0MW（S）机型平台以及 GW2.5MW 产品平台全新的 GW130/2500 机型。公司各平台都有相对应的机型针对于低风速风区，通过不断的产品创新及优化，满足不同客户多元化需求，同时依托先进的研究平台，自主研发配套的塔架、叶片提高发电效率。通过“混合单机容量、混合轮毂高度、混合叶片直径”等排列组合方式，满足客户的个性化需求，可精准地确保可开发区域项目的经济性保障。公司通过不断完善细分产品的谱系和精准的产品定位，针对不同的项目提供适宜的机型，提供更大的选择空间，给客户带来更大的受益。

表 21：低风速机组主要发展历程

机型	技术发展情况
GW82/1500 GW87/1500 GW93/1500	使年平均风速在 5.5 米/秒的风电场具备开发价值
GW121/2500	使年平均风速 6 米/秒以上的风电场可以获得较好收益
GW115/2000	风能资源的捕捉区域下探到了风速 5.2 米/秒的范围；GW115/2000 这款机型适用于 6.5 米/秒以下风区

GW121/2500	
GW121/2000	风电可开发风速下探至 4.8 米/秒
GW2.XMW 平台	风能资源的捕捉区域下探到了风速 4.5 米/秒的范围
GW130/2500	该机型是目前国内领先的 2.5MW 大叶轮直径产品，使年平均风速 6 米/秒以上的风电场可以获得较好收益
GW140/3.0MW（S）	满足低风速地区大兆瓦装机需求，使年平均风速在 5.5 米/秒的风电场具备开发价值
GW140/2500	使年平均风速 4.5m/s 以下的区域得到开发

资料来源：北极星风力发电网、申万宏源研究

GW2.XMW 平台主打低风速及超低风速市场，产品多元灵活满足不同低风速项目需求。作为金风科技推向全球市场的陆上低风速平台，GW2.XMW 平台在上一代优秀成熟的 GW115/2000 产品基础上创新升级，沿用金风成熟的直驱永磁全功率变流技术路线，搭载自主研发的智能控制技术、发电量提升技术和智能运维技术，可灵活适应各种类型项目需求。目前，该平台下面拥有 8 款产品，单机容量介于 2.0MW-2.3MW 间，重点开发以 131/2S，126/2S 为代表的新一代产品。针对不同的低风速地区，可精细化定制 108 至 131 米直径的叶轮、80 米至 140 米钢塔/钢混塔/柔塔，将可适应项目的年均风速进一步下探至 4.5 米/秒，并能覆盖所有风区；该平台新机型单位千瓦扫风面积较上一代 GW115/2000 机型增加 20%~30%；同等条件下，发电效率较金风科技上一代机型提高 5%以上。新一代的 GW2.XMW 平台具有多叶轮直径、多塔架高度（形式）、多种可变功率、多种控制模式等技术特点，可响应市场复杂多样的需求。

GW2.XMW 平台是我国超低风速时代的风机王者。GW2.X 平台首台样机将在新疆达坂城完成吊装，目前已获得国内权威机构鉴衡认证颁发的 A 类设计认证证书。GW2.X 平台产品还将用于建设金风科技位于张北的首个风电平价上网示范项目，成为引领我国“风火同价”产业目标实现的主力机型之一，2.0MW 平台的两个机型（GW115/2200；GW121/2000）及 3.0MW 平台的 121/3000 机组获得鉴衡颁发的型式认证证书。

表 22：GW2.XMW 平台优点及特点

优势	特点
低运维成本	自动润滑系统，维护量小
	发电机防护等级高，环境适应好
	变桨齿形带免维护设计，节省变桨齿润滑维护成本
	无发电机滑环、碳刷维护费用
	无齿轮箱拆除、维修、更换费用
针对超低风速区域专项设计	全新载荷控制策略
	开发价值下探至年平均 4.5 米/秒超低风速区域
	低风速段发电效率更高，提升低风速风场收益
高可靠性	无齿轮箱设计
	叶轮直接驱动发电机，避免对不准造成的轴承损坏风险
	自主专利齿形变桨技术，避免变桨齿齿啮合疲劳的更换风险
	主轴承采用对数修型，有效降低滚子边缘接触应力，具有更好的超低风速区域适应性

轻量化设计	机组整体设计新颖，结构紧凑
	尺寸小，重量轻，方便运输和吊装

资料来源：公司官网、申万宏源研究

表 23：金风科技 GW2.XMW 平台各产品性能介绍

型号	设计风区等级	额定风速 m/s	叶轮直径 m	发电机类型	塔架类型	塔高 m	塔架类型	塔高 m	叶片 m
GW108/2000	IIIB/IIIA	9.5	108	永磁直驱发电机	钢制锥筒	80	钢混塔架	100/120	52.5
GW115/2000	S	9	115			80/85/90/100			57
GW115/2100	S	9.2	115						57
GW115/2200	S	9.4	115						57
GW121/2000	S	8.8	121			85/90/100		100/120/140	60
GW126/2200	IECIIIB	8.8	126			85/90		120/140	62
GW131/2200	S	8.6	131						64
GW131/2300	S	8.8	131						64

资料来源：公司官网、申万宏源研究

基于成熟 GW2.5MW 产品平台打造 GW130/2500 超低风速机型，进一步丰富低风速产品选择。我国风电开发重心确定向中东部和南方低风速地区转移，且大多低风速开发区域为复杂地形。GW130/2500 机型则基于成熟的 GW2.5MW 产品平台，对上一代 GW121/2500 机组进行技术延伸，专为超低风速复杂地形风电场量身打造，该机型是目前国内领先的 2.5MW 大叶轮直径产品，使年平均风速 6 米/秒以上的风电场可以获得较好收益。2017 年 GW130/2500 机型首台样机已在新疆成功并网，并获得国内权威机构鉴衡认证颁发的设计认证和型式认证证书。2.5MW 平台下低风速机组推出，进一步丰富了公司低风速系列产品选择，满足客户对单机容量的不同需求。

2018 年 1 月，金风科技又一款超低风速新型机组正式并网运行。GW140/2500 成为目前全球 2.5MW 容量级别机组中扫风面积最大的低风速风机，叶轮直径达到 140 米，塔架高度为 140 米，主要针对中东部市场风速低、切变大特点。凭借强大的发电能力，“double140”机组使年平均风速 4.5m/s 以下的区域得到开发，切入风速 2.5m/s 使得最低 2.5m/s 以上风速均能实现并网，提高低风速地区风力开发经济效益。 GW130/2500、GW140/2500 的相继推出，拓展了 2.5MW 产品线对细分市场的覆盖能力。

表 24：金风科技 GW2.5MW 平台低风速机组性能介绍（单位：m/s、m）

型号	设计风区等级	额定风速 m/s	叶轮直径 m	发电机类型	塔高 m	叶片 m
GW121/2500	IECIIIB	9.3	121	永磁直驱发电机	90/120	59.5
GW130/2500	IECS	8.9	130	永磁直驱发电机	90/120	63.5
GW121/2500VP	IECIIIB	9.7	121	永磁直驱发电机	90/120	59.5
GW140/2500	IECS		140	永磁直驱发电机	140	

资料来源：公司官网、申万宏源研究

表 25：GW2.5MW 平台优点及特点

优势	特点
轻量化设计	机组整体设计新颖，结构紧凑
	尺寸小，重量轻，方便运输和吊装
高效率	使用永磁同步发电机，无励磁损失，效率高
	调速范围宽，低风速性能优越
高可靠性	无齿轮箱设计，机组寿命内无齿轮箱失效之忧
	发电机采用单轴承支撑，结构简单
	发电机防护等级高，环境适应好
低运维成本	变桨齿形带免维护设计，节省变桨齿润滑维护成本
	无发电机滑环、碳刷维护费用
	无齿轮箱拆除、维修、更换费用
全功率变流，并网性能优越	低电压穿越能力强，具备零电压穿越能力
	机组自带无功输出，降低集中无功补偿投资

资料来源：公司官网、申万宏源研究

GW140/3.0MW（S）机组是 GW3.0MW（S）平台低风速机组，满足低风速地区大兆瓦容量需求。3S 平台重点从产品的容量升降策略、寿命管理策略、塔架系列化配置策略、机组智能化、发电量提升角度进行优化。GW140/3.0MW（S）由于性能优越，荣获 2017 年度 3MW 以上陆上风机金奖，由于采用直驱永磁全功率变流技术路线，机组拥有非常宽裕的适用范围，低风速地区性能显著。通过引入模块化设计，采用共模具叶片、单叶片吊装、模块化电机等工艺和设计，改变传统电机生产和质量控制模式，极大的降低了客户复杂地形项目面临的运输、吊装和运维的难度，适合低风速地区复杂地理环境。3MW 以上大兆瓦的低风速机组开发，丰富了低风速机组选择，满足不同项目开发需求。同时，通过对其发电功率柔性可调与塔筒高度柔性可调进行结合，满足风电场精细化、定制化和立体化设计需求，提高风电项目收益。

表 26：金风科技 GW3.0MW 平台 GW140/3.0MW（S）低风速产品性能介绍

性能类别	数据	性能类别	数据
额定功率 MW	3MW-3.4MW	变流器类型	全功率变流器
设计风区等级	IECIIIA	功率调节范围	1/4 额定功率
额定风速 m/s	5.5~9.5		2/4 额定功率
叶轮直径 m	136/140		3/4 额定功率
发电机类型	永磁直驱发电机		额定功率
塔高 m	100-160	塔筒类型	钢制锥筒/钢混塔筒

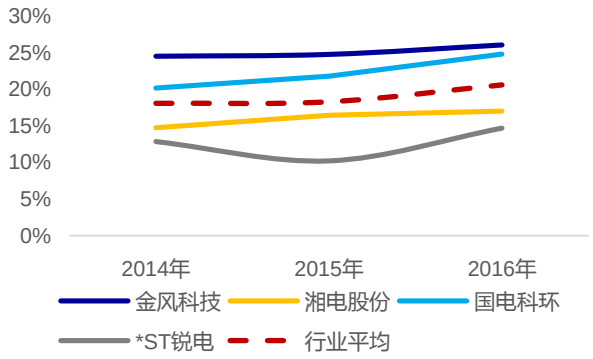
资料来源：公司官网、申万宏源研究

金风在低风速细分领域实现了全谱系覆盖，形成了低风速机型大小容量搭配、中低风速与超低风速机型优势互补的强大产品组合。针对于低风速地区，公司的各机型平台均有对应的低风速产品，帮助客户实现低风速风电资源的精细化开发与管理，有效减少风速、湍流、地形、运输等各种边界限制，降低开发难度，优化开发成本，从而形成公司独特竞争优势。同时公司凭借领先行业的直驱永磁技术，能够扩大低风速开发范围，进一步巩固公司在细分领域的领先地位。

目前，全球实现低风速机组全谱系覆盖，并采用在低风速地区具有性能显著优势的直驱永磁技术的机组厂家仅金风科技。国外主要厂商的低风速机型均集中于 2.XMW，且多采用双馈机型，仅西门子一家拥有一款直驱永磁低风速机组，经验、性能优势劣于金风科技。国内主要直驱永磁竞争对手为湘电风能，同时湘电风能也较早布局于低风速地区，但技术水平、研发能力同金风科技比仍有差距。技术优势叠加规模效益，金风科技成本优势显著，市场竞争力遥遥领先。同时，公司机组搭配最先进智能技术和后期运维服务，发电量显著提升，经济效益显著。

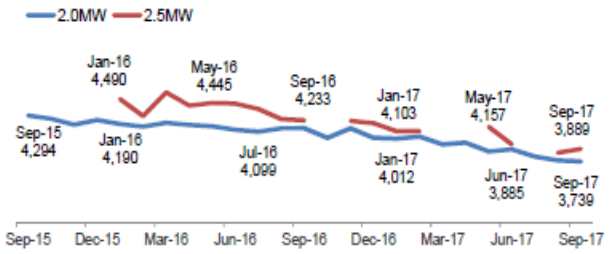
规模效益叠加技术进步，高毛利率助力市场占有率稳步提升。由于公司是国内风电机组龙头，市场占有率稳居第一，产能领先同行业，使得规模效益显著。同时，公司拥有专有风机技术，加快核心技术研发和优化，产品不断迭代创新，技术优势显著。公司规模效益叠加技术进步，公司的成本、质量优势进一步扩大，高毛利使得公司在行业集中度加剧及原材料上涨的背景下，存在较大议价空间，助力市场占有率稳步提升。

图 23：行业同类可比公司毛利率情况（单位：%）



资料来源：WIND、申万宏源研究

图 24：公司主要产品投标均价走势（单位：元/kW）

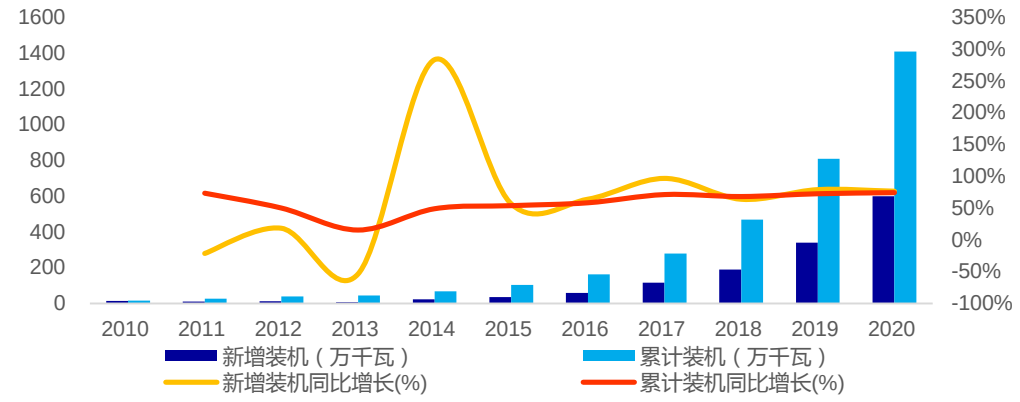


资料来源：金风科技、申万宏源研究

2.5 布局大兆瓦海上机组，直驱永磁技术优势凸显

海上风电全面启动，市场发展前景广阔。2017 年海上风电新增装机 1.2GW，同比增长 97%；海上风电累计装机由 2010 年 150MW 增长至 2017 年的 2790MW。结合全国及各省“十三五”海上风电发展目标，预计未来四年海上风电累计装机容量复合增长率超过 75%，2018-2020 年预计实现新增装机 1.9GW、3.4GW、6GW。

图 25：预计 2018-2020 年海上风电装机情况（单位：万千瓦）



资料来源：CWEA、申万宏源研究

受益海上风电快速发展，风电制造商纷纷布局大兆瓦海上风电机组。随着海上风电装机需求增长，风电制造商积极布局海上风电，研发大兆瓦海上风电机组。5MW 及以上风电机组已逐渐成为国内外主要风电厂商的发展重点，国外 8MW 机组已完成商业化应用，10MW 机组也已经到实验样机阶段，其中维斯塔斯 8MW 风电机组、Enercon7.5MW 风电机组、西门子 7MW 风电机组、通用电气 6MW 风电机组、歌美飒 5MW 风电机组等均得到了广泛应用；中国海装、联合动力等国内主要竞争对手都在积极布局 5MW 及以上容量的海上风电机组。国内风机厂商如华锐风电 6MW、联合动力 6MW、金风科技 6MW、东方电气 5.5MW、海装风电 5MW 等海上风电机组陆续下线安装，处于样机试验阶段。目前国内海上风电市场份额占比最大的上海电气力推其 7MW 机组，同时国内已开启了 10MW 机组的研制。

表 27：国内主要竞争对手海上风电机组

整机商	功率等级 MW	机型型号	叶轮直径 m	扫掠面积 m^2	塔高 m	设计风区	发电机类型
上海电气	3.6	W3600-136	136	14526	100/定制	IECIIB	双馈异步
	3.6	SWT-3.6-120	120	11300	定制	IECIA	异步电机
	4	SWT-4.0-120	120	11300	定制	IECIA	异步电机
	4	SWT-4.0-130	130	11300	定制	IECS	鼠笼异步
	6	SWT-6.0-154	154	18627	定制	IECS	永磁同步
	7	SWT-7.0-154	154	18627	定制	IECS	永磁同步
远景能源	4.2	EN-4.2/136	136	—	90/定制	IECS	鼠笼异步
	4.5	EN-4.5/148	148	17203	95/定制	IECS	鼠笼异步
湘电风能	4	XE140-4000	140	15394	100/定制	IECIIB	永磁同步
	5	XE-5MW 平台	128/140/154/172		100/定制	IECIB	永磁同步

华锐风电	5	SL-5000/139	130	15166	100	IECIB	双馈异步
	5	SL-5000/155	155	18617	105	IECIIB	双馈异步
	5	SL-5000/170	170	22686.5	110	IECIIIB	双馈异步
	6	SL-6000/128	128	12861	199	IECIB	双馈异步
	6	SL-6000/155	155	18617	105	IECIIB	双馈异步
联合动力	3	UP3000-108	108	9161	90	IECIIA	双馈异步
	3	UP3000-120	120	11310	90	IECIIIA	双馈异步
	6	UP6000-136	136	14519	95	IECIIA	双馈异步
中国海装	5	H128-5.0	128	—	87/定制	IECIB	高速永磁
	5	H151-5.0	151	—	97/定制	IECIIIB/IECIB	高速永磁
	5	H171-5.0	171	—	107/定制	IECIIIB/IECS	高速永磁
	6.2	H152-6.2	152	—	97/定制	IECIB	高速永磁
东方风电	5	FD1400-5000	140	15376	90	IECIB	双馈异步
太原重工	5	TZ5000/128	128	—	定制	IECI	高速永磁
	5	TZ5000/154	154	—	定制	IECII	高速永磁

资料来源：中国风电新闻网、申万宏源研究

表 28：国外主要大兆瓦海上风机

公司名称	型号	功率(MW)	技术
AMSC	SeaTitan10MW	10MW	高温超导体（HTS）发生器
Sway	ST10	10MW	无铁芯永磁发电机
三菱重工&维斯塔斯	V164-9.5MW	9.5MW	永磁同步发电机
	V164-8/8.3	8/8.3MW	永磁同步发电机
	V117-4.2 MW	4.2 MW	
Adwen	AD-180	8MW	永磁同步发电机
Enercon	E126-7.5	7.5MW	永磁同步发电机
三星	S7.0-171	7MW	高速齿轮箱+永磁发电机
西门子	SWT-7.0-154	7MW	直驱永磁发电机
	SWT-6.0-120/154	6.0/7.0MW	直驱永磁发电机
	SWT-4.0-120/130	4.0MW	双馈发电机
歌美飒	G132-5.0	5MW	永磁同步发电机
歌美飒&西门子	SG 8.0-167 DD	8MW	直驱永磁发电机
GE	GEHaliade150-6MW	6MW	永磁同步发电机

资料来源：公司官网、申万宏源研究

表 29：国内外启动 10MW+大功率海上风电发电机组情况

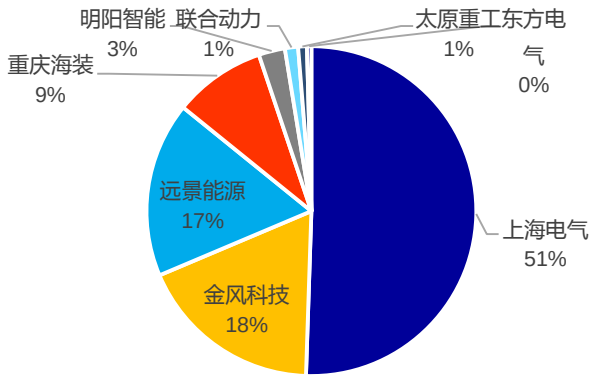
序号	公司名称	时间	功率(MW)	情况简介
1	华锐风电	2014	10MW	完成科技部 863 计划项目 10MW 级“超大型增速式海上风电机组设计技术研究”课题验收
2	山东瑞其能		10MW	计划推出 150m、170m、190m 叶轮直径的 10MW 风机系列
3	上海电气	2017	10MW	上海电气浙江大学风电研发中心将依据风电集团产品战略规划进行机组开发
4	中国海装	2017	10MW	中国海装动了“10MW 级海上风电机组研制与开发”项目工作

5	Senvion	2017	10+MW	将生产 10+MW 级海上风电机组
6	湘电风能	2017	7-10MW	由湘电具有世界一流研发和设计水平的中外技术研发团队在其位于欧洲荷兰的海上风电研发设计中心所共同完成
7	GE		12MW	GE 有研发 12MW 级海上风电机组

资料来源：北极星风力发电网、申万宏源研究

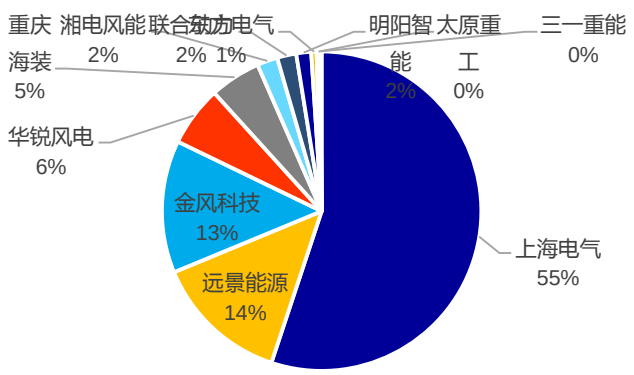
海上风电机组制造商市场份额集中，公司国内新增装机市占率位居第二。截至 2017 年底，海上风电机组供应商共 11 家，其中累计装机容量达到 150MW 以上的机组制造商有上海电气、远景能源、金风科技、华锐风电，这四家企业海上风电机组装机量占海上风电装机总量的 88%，市场份额高度集中，其中上海电气以 55%占据国内海上风电产业最大市场份额。2017 年，共有 8 家制造企业有新增吊装，高于 2016 年 4 家制造商，其中上海电气的海上风电机组供应量最大，新增占比达到 51%，金风科技市占率第二、远景能源第三。

图 26：截至 2017 年上海电气海上风电新增装机量国内市场居于首位（单位：%）



资料来源：CWEA、申万宏源研究

图 27：截至 2017 年上海电气海上风电累计装机量国内市场居于首位（单位：%）



资料来源：CWEA、申万宏源研究

上海电气背靠全球海上风电龙头西门子。西门子是全球最大的海上风机供应商，有超过 20 年的稳定运行经验。上海电气的海上风电业务始于 2012 年，与西门子合作成立合资公司，目前西门子主攻台湾市场，将国内市场开发授权合资公司。2014 年、2016 年公司先后技术引进了西门子海上风机明星产品 SWT-4.0-130、SWT-6.0-154，凭借西门子机组的技术优越性和可靠性以及良好的美誉度，拿下国内海上风电场大量订单，海上风电业务发展很快。2017 年，上海电气引进西门子 SWT-7.0-154 机组，基于西门子成熟的 D6 平台，连续三年登榜全球最佳海上风机，风机技术优势显著。风机采用直驱永磁技术，年发电量较上一代平均提升 9-10%。2018 年 3 月，上海电气同西门子合作，正式引进 SG 8MW-167 海上风电机组，该机组是目前全球批量化、商业化运行的单机容量最大的海上风力发电机组，引入中国后成为目前中国单机容量最大的风力发电机组。

表 30：西门子年度全球最佳海上风机排名情况

获奖类别	2014 年		2015 年		2016 年		2017 年	
最佳海上风机	SWT-6.0-154	铜奖	SWT-7.0-154	金奖	SWT-7.0-154	金奖	SWT-7.0-154	银奖
	SWT-4.0-130	第五						

资料来源：《Windpower Monthly》、申万宏源研究

远景能源是我国国内优秀的海上风电制造商，海上风机质量领先行业。自主研发的 EN-136/4.0MW 机型是远景能源早期成熟的海上风电机型，于 2014 年正式批量下线，该机型获得 2014 年全球海上风机第十名，机组性能优越。目前，远景能源海上风机主推机型为 EN-136/4.2MW、EN-148/4.5MW，风机沿用鼠笼技术，这两款机型是远景能源丹麦和中国联合研发团队专门针对中国近海风电开发而设计的产品，基于业界最为成熟可靠的传动链设计，运用全球首创的激光雷达测风技术和智能化控制技术，使得发电效率比同类产品高 20%。EN-136/4.2MW 产品荣获 2017 年最佳海上风机第六，产品具有国际竞争力。

表 31：远景能源年度全球最佳风机排名

获奖类别	2015 年		2016 年		2017 年	
最佳陆用风机(2.9MW 以下)			EN-2.3-115	第十	EN115-2.3	第八
最佳大功率陆上风电机组(3MW 以上)	EN-120/3MW	第十	EN-3.0-120	第十	EN120-3.0	第十
最佳海上风机	EN-4.0-136	第十	EN-4.0-136	第八	EN- 4.2-136	第六

资料来源：《Windpower Monthly》、申万宏源研究

重庆海装、联合动力、湘电风能等国内主要风机制造商也加快布局海上风电。2017 年 9 月 13 日，由中国海装自主研发的 H171－5MW+在江苏如东并网满发，该机组风轮直径达 171 米，是全球风轮直径最大的 5MW 海上风电机组。湘电风能 5MW 系列化直驱永磁同步风力发电机组平台由 XE128/140/154/172-5000 等 4 种机型组成，涵盖了我国海上所有可开发利用风资源区域，确保任何海上风场项目都能够保证 4000 小时以上的年利用小时数。联合动力 2017 年公布最新机型 UP2000-115T 80mHH 抗台机型针对平均风速 7.5m/s，湍流强度 B 类的台风地区开发，该抗台机型风轮直径达 115 米，为目前国内 2MW 陆上抗台机型最大。整机设计技术及机组发电能力和效率均处于行业领先水平。与联合动力已有的 UP2000-87 和 UP2000-96S 两款抗台风机型相比，预估机组年发电量分别提升 33%和 18%。

金风十年探索海上风电，技术攻关稳步推进。作为国内风机制造龙头，金风科技海上风电布局起始于 2007 年，率先布局海上风电；公司的 GW70/1500 机组是我国第一台海上风电试验样机，该机组的运行正式拉开了我国海上风电发展序幕。公司虽起步较早，但由于海上风电成本、难度和风险均高于陆上风电，公司对于开发海上风电保持积极而谨慎态度。海上风电机组对于可靠性要求非常高，需要丰富的陆上风电设备研发、制造、运维经验的积累作为支撑，通过成熟的研究和不断试验提高可靠性。公司蛰伏 10 年，秉持着陆上先进技术海上化，不断积累陆上风电项目及海上试验项目经验，加快技术研发攻克难关，

在原有的 3.X(MW)海上产品平台，产品包括 GW121/2.5、GW140/3.X 基础上，于 2017 年推出新一代海上大兆瓦产品——GW6.X 平台及整体解决方案。

表 32：金风科技海上风电机组发展历程

年份	机型	试验经验
2007 年	GW70/1500	公司 1.5MW 直驱永磁风电机组安装在中海油位于渤海的钻井平台上，为油田设施提供生产所需的电力，从而开启了其海上风电的探索之路，同时该机组也是我国第一台海上风电试验样机
2010 年	2.5MW 潮间带机型	基于此前海上风电机组的运行数据和经验，参与首轮海上风电厂特许权招标中，中标大丰 200MW 海上风电项目
2012 年	改进版 2.5MW 潮间带机型	参与江苏如东 100 兆瓦潮间带项目，15 种试验机组中利用小时数最高
2015 年	3MW 机型	标了三峡江苏响水近海风电项目，背后有 2 万余台直驱机组平台的运行业绩和技术积累作为支撑
2015 年	6MW 海上样机	金风科技首台 6MW 海上样机在江苏大丰港成功吊装；2016 年 7 月实现满发后，始终保持良好的运行状况
2017 年	GW6.X 海上平台及整体解决方案	该平台目前已获得国内权威机构鉴衡认证颁发的设计认证证书

资料来源：北极星风力发电网、申万宏源研究

GW6.X 平台是国内单机容量最大的风机产品，针对我国海上风力资源差异提供差异化、个性化服务。GW6.X 平台采用全球海上市场主流的直驱永磁技术路线，遵循整机产品、塔架基础、运输安装、运行维护的“四个一体化”设计，机组性能稳定可靠。作为国内最大单机容量，机组额定上网功率为 6.45-6.7MW，有效减少海上风场机位点数量，降低 20%建设成本，缩短 30%建设周期，同时可搭载 154 米、164 米、171 米规格大叶轮直径，搭配柔性功率可调设计，具有极强的发电能力、可靠性和经济性。目前，该平台有三种机型型号，分别为 GW154/6700、GW164/6450、GW171/6450，其中 GW171-6.45MW 为国内北方低风速海域打造，拥有最大叶轮直径机组；GW154-6.7MW 为国内东南沿海区域订制设计，抗台风，满足对机组窗口期的高要求，施工建设成本低；GW164-6.45MW 兼顾中低风速海域发电量和台风适应性需求，各型号机组通过匹配不同区域海上风资源特点，满足客户的定制化需求。该平台已获得国内权威机构鉴衡认证颁发的设计认证证书。

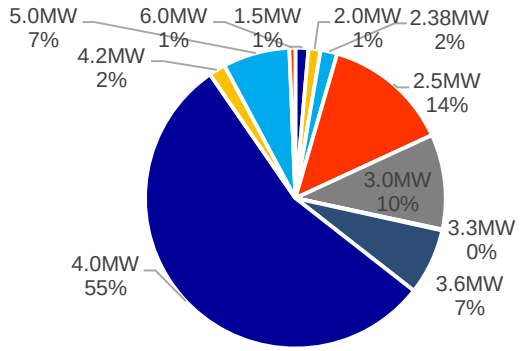
表 33：金风科技 GW6.XMW 平台性能介绍

整机商	功率等级 MW	机型型号	叶轮直径 m	扫掠面积 m^2	塔高 m	设计风区	发电机类型
金风科技	6.7	GW154/6700	154	18617	103/定制	IECS	永磁同步
	6.45	GW164/6450	164	21124	108/定制	IECS	永磁同步
	6.45	GW171/6450	171	22960	105/定制	IECIIB	永磁同步

资料来源：公司官网、申万宏源研究

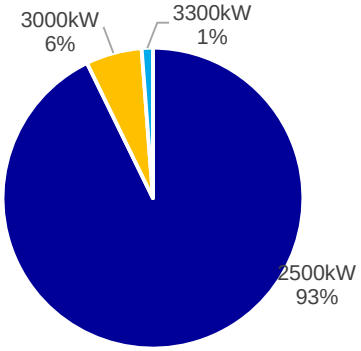
目前公司 6.0MW 大型海上风电机组实现并网吊装，已储备 10MW 机组。截止 2017 年，市场上所有吊装的海上机组中主要以 4MW 型机组居多，累计装机容量达到 153 万千瓦，占比达 55%；5MW 风电装机累计达到 20 万千瓦，占比 7%；6MW 风电机组仍处于样机阶段。公司 2017 年主要销售的海上风电机型为 3 种，分别为 2500kW、3000kW、3300kW，其中 2500kW 占比最高为 95%。目前天润盐城大丰试验台风电场 2# 6.45MW β 机组已于报告期末完成吊装，10MW 大型海上风电机组处于储备阶段。

图 28：2017 年海上风电机组不同功率累计装机占比（单位：%）



资料来源：CWEA、申万宏源研究

图 29：2017 年金风科技海上风电不同功率机组占比（单位：%）



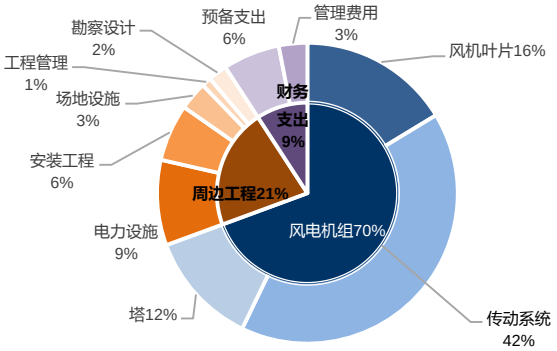
资料来源：CWEA、申万宏源研究

公司同步推出全新海上风电整体解决方案，显著提高项目经济性和客户粘性。配套于 GW6.X 平台，公司针对不同地区自然特征，提供个性化、定制化的解决方案，缩短了安装时间，提高风能利用率，例如支撑结构一体化设计、风机环境控制系统、海上风电施工方案。GW6.X 平台机型可通过定制配备金风科技成熟的智能控制技术和发电量提升技术，包括“能巢”场群控制系统、BestBlade 叶片提效技术、VMP 并网友好技术等，充分挖掘机组发电潜力，显著提升项目经济性。

直驱永磁技术在海上风电具有竞争优势，看好公司海上风电发力。海上风电成本约为陆上风电成本 2 倍，约为 14 元/W。不同于陆上风电成本构成，海上风电由于机组故障率高，后期维修成本较高，后期运维成本占比超 50%，远超机组设备成本。由于采用直驱永磁技术无齿轮箱，减少了风力发电机组零部件数量，大幅降低了运营成本并省去了齿轮箱更换成本；避免齿轮磨损带来的损失成本，彻底解决齿轮箱故障率高的问题。机组可靠性比其他技术路线提升约 20%以上，发电量可以提高 3%~5%。

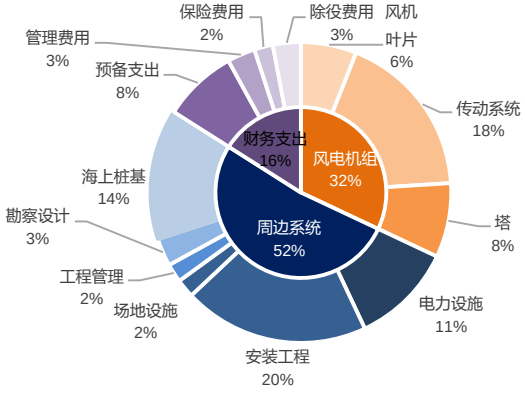
公司专注于直驱永磁技术 30 年，公司海上风电机组积攒了丰富的陆上风电项目及海上风电项目经验，机组稳定、可靠性强，产品具有市场竞争力。随着海上风电快速发展，公司持续发力海上风电，公司竞争优势将逐步凸显；同时凭借国内风机领头羊的行业地位和后端运维及风电服务市场，有助于提高客户粘性，并通过提供产品附加值开拓海上风电市场，大幅提高海上市场份额。

图 30：陆上风电成本构成分解（单位：%）



资料来源：Navigant Consulting、申万宏源研究

图 31：海上风电成本构成分解（单位：%）



资料来源：Navigant Consulting、申万宏源研究

3. 技术革新把握前沿技术，助力风电场效益提升

自主研发钢混式风电机组塔架研制技术，填补行业空白。金风科技在全国最早开发钢混式风电塔架，最早实现样机并网检测以及批量化投产。该技术具有发电量稳定、自耗电量小、设备故障率低、备件成本低、塔底环境更加友好等优势，能为低风速、大风切变、大湍流、运输困难区域风场建设提供了完美解决方案，能够有效提升机组性能，提高风电场效益。目前已成功开发 100 米、120 米、140 米等不同高度的混塔产品。首台样机于 2013 年 6 月在达坂城并网，并于 2016 年底累计实现约 70 台商业化机组并网。产品已取得 CGC 设计认证、零部件型式认证以及 2016 年电力建设科学技术进步二等奖。目前，公司的钢混式塔架预制构件产品已经列入国家重点培育行业并享受政策扶持。

研发全钢柔性塔架技术，助力机组经济性上升。金风科技是国内柔塔开发、装机最早，也是国内唯一实现柔塔批量装机和出口的整机商，首台样机于 2015 年 2 月在哈密并网，首批 32 台商业化机组于 2016 年 6 月在泰国完成吊装和并网。公司研发的全钢柔性塔架技术将轮毂托举在空中 110 米至 140 米，在有效提高机组发电能力的同时，抑制成本的增加，与刚性塔架相比，当轮毂高度达到 120 米以上时，风机发电量提高 12.3%，度电成本下降 5.8%；同时其独特的避转速控制技术及塔架加阻技术能够有效降低塔底疲劳载荷及塔底极限载荷，使柔性塔架重量较纯钢塔架大幅降低。目前，公司 121/2500-120 米柔性塔架已取得 DNV-GL（A 类）型式认证。

表 34：柔塔和非柔塔机组经济性对比（以金风科技产品为例）

指标参数	2.5MW 机组		
轮毂高度（m）	90	120	-
塔架类型	刚性	柔性	-
平均风速（m/s）	6.88	7.5	-
折减后发电量（万 kWh）	13575.58	15245.44	提高 12.3%

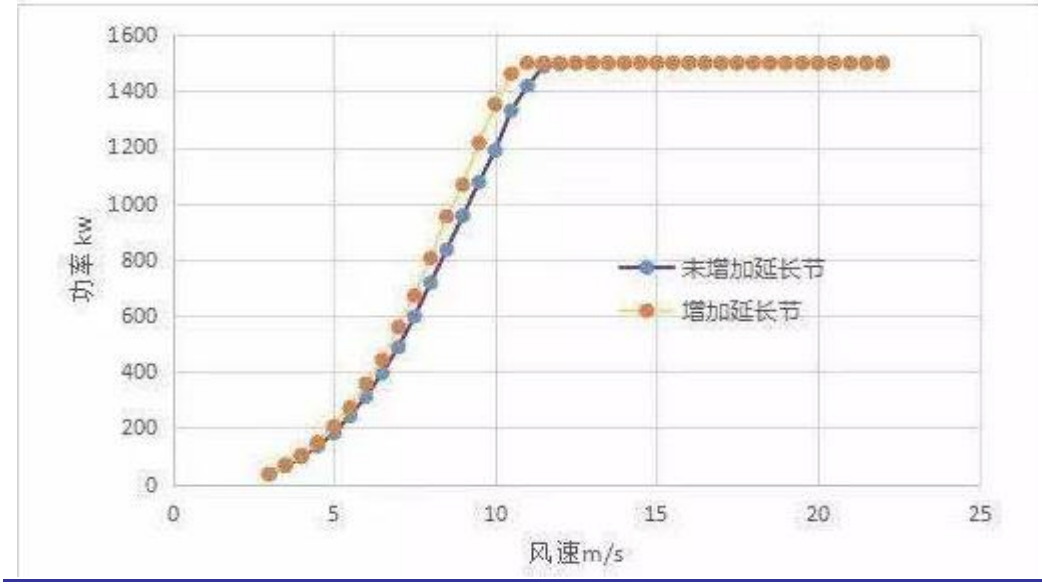
标准小时数（h）	2715.116	3049.087	提高 12.3%
度电成本（元/kWh）	0.3677	0.3463	下降 5.8%
千瓦造价（元/kW）	7929.04	8592.24	提高 8.4%
全部投资内部收益率（%）	12.20%	13.20%	增加 1.0%
计算依据	标准空气密度 1.225kg/m3，标准威布尔分布，风切变 0.3，折减系数 0.7。上网电价按 0.58 元/kWh 计算		

资料来源：金风科技、申万宏源研究

传统钢塔、柔塔及钢混塔交互配合，定制化塔架方案提升项目经济效益。随着风电机组大型化及低风速风电快速发展，为在保持稳定可靠条件下获取更大风大发电量，风塔高度逐渐增高。相应塔架重量随之提高，增高塔架成本，经济性降低。公司基于自主研发的新型塔架，根据项目不同风切变条件，给不同机型灵活配备定制采取不同高度、技术的塔架解决方案，降低成本，提高经济性。

叶片延长技术显著提升发电能力，助力风电运营商效益提升。叶片延长技术叶片延长技术是通过加长叶片，一般分为叶根延长与叶尖延长两种技术方案，通过增大扫风面积，充分利用过剩载荷，直接增加发电量，以金风科技 1.5MW 机组为例，单机年发电量可增加约 5.5%，助力风电运营商效益提升。

图 32：使用叶片延长技术发电能力显著提升



资料来源：中国电器工业协会，申万宏源研究

研发打造能巢 POWERNEST 控制系统，提升风电场发电效益。能巢系统是一套集成多种风机性能优化功能模块的风电场级控制系统，具有智能偏航对风矫正优化机组出力、环境感知及自适应控制能力、载荷实时测量及机组寿命状态估算、扇区管理等一系列先进控

制技术，可提升风电场年均发电量 2-5%。截至 2017 年 6 月，该系统已在超过 200 万千瓦的项目中部署，发电量平均提升超过 2%。

图 33：能巢 POWERNEST 控制系统

资料来源：公司官网，申万宏源研究

公司加快数字化进程，推出雷达测风系统 EFarm 雷达控制技术。EFarm 结合提前感知的入流风信息，通过分析处理并控制机组响应主动匹配入流风速变化，实现“精准对风”，并使机组长时间处于“风能最大”的位置，并减少由于瞬时的极限阵风等恶劣风况引起的机组故障和停机，减少因此产生的发电量损失，提升风机环境适应性与降低尾流影响。实现机组载荷降低 7%~15%，整体提升发电量约 2%~3%。目前，EFarm 技术已获得 DNV-GL 和 CGC 的设计认证，并在国内多个风电项目落地实践，累计商业应用近 40 万千瓦。

积极推动大数据、物联网等信息技术的应用，智慧能源服务（SES）引领风电智慧运营 2.0 时代。集中化、共享化、智慧化是风电运营发展的三大趋势，公司依托大数据、物联网技术，搭建“智慧大脑”+“高效前台”的全新风电智慧运营体系，通过投资建设国内领先的风电数据库系统、大数据分析处理平台、风电预警平台，提供全面的智慧运维服务和风电智慧运营服务支持。2016 年 8 月新一代智慧运维解决方案 GWSESASeries 发布，可为客户提供灵活、专业、高效的定制化服务，实现运维灵活定制、标准高效、智慧透明，助力客户降低综合用能成本，提高能源利用效率。

4. 技术优势助推国际化进程，海外市场持续发力

4.1 携手鉴衡认证推进中国风机国际化进程

获得鉴衡认证是公司产品走向全球市场重要一环。鉴衡认证是国内最早投身于新能源设备认证的第三方认证机构，经过多年的探索与积累及与国际知名认证机构的合作与交流，现已成为被国际认可的认证机构。风电产品是否获得认证直接关系海外风电业主及融资机构认可，国内风机整机厂商只有依据国际通用标准，经由知名第三方认证机构完成有效的产品认证，才能获得海外风电业主及融资机构的认可。鉴衡认证是被国际市场认可的国内权威第三方认证机构，获得鉴衡认证表明产品各项设计符合行业认准和国家相关安全标准，同国际认证体系接轨，具有全球市场竞争力，为产品打开全球市场奠定基础条件。

鉴衡认证助力金风科技打开南非市场，推动公司国际化进程。自 2008 年以来，金风科技一直与鉴衡认证保持良好合作，对金风多款机型进行设计评估和形式认证。2015 年，鉴衡认证获得南非能源部认可，助力金风科技 2.5MW(121/2500)直驱永磁发电机得以参加南非新能源 GoldenValley 风电项目招标并最终中标 120MW 风电项目。GoldenValley 是金风科技在非洲市场的第二个大型风电项目，也是其在南非的第一个大型风电项目。通过 GoldenValley 项目，金风科技凭借 GW121/2500 机组顺利打入南非市场。

鉴衡认证证书获得土耳其市场认可，为金风科技开拓土耳其及其周边市场发挥了重要的作用。2016 年 7 月，金风科技力压国外设备制造商，成功中标 DAMLA 和 DOMANIC 项目，今年 8 月和 10 月这两个项目的首批风电机组分别成功通过土耳其政府验收，11 月完成全部 7 台 1.5MW 机组的安装调试及并网发电。鉴衡认证颁发的风电机组型式认证证书，获得了土耳其政府、开发商、当地电网的一致认可，为金风科技开拓土耳其及其周边市场发挥了重要的作用，进一步增强了金风科技走向国际市场的信心，这也是鉴衡认证助力中国风电企业打开国际市场的又一个里程碑。

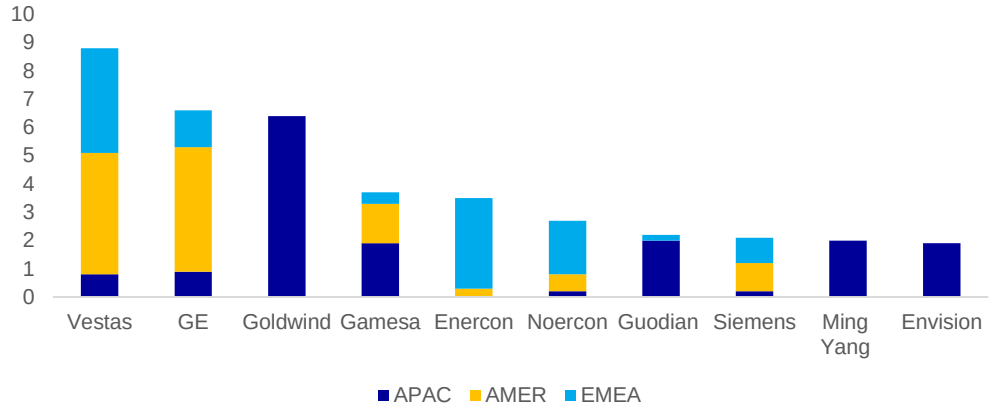
图 34：鉴衡认证助力金风科技打开海外市场

资料来源：北极星风力电力网，申万宏源研究

4.2 国内风机制造行业先行者，全面布局全球风电市场

风机行业国际化程度较低，国内制造商多依赖国内市场。2017 年中国风电累计、新增装机容量均居全球第一。尽管中国风电市场全球领先，但是中国风机制造企业国际化程度并不高，国内风机整机制造商主要依赖国内市场，在国外市场开拓上进展有限，亟待突破。截至 2016 年，金风、远景等国内企业业务主要来自国内，目标市场单一，相较于国际巨头 Vestas、GE、西门子等公司业务则趋于多元，市场范围广泛。

图 35：2016 年全球前十大陆上风电整机制造商装机容量及目标市场（单位：GW）



资料来源：北极星风力电力网，申万宏源研究

金风科技较早布局海外市场，是国内风机制造行业的先行者。公司海外布局起始于 2005 年，凭借拥有自主产权的直驱永磁技术参与全球竞争。公司面对复杂、困难的海外市场环境，通过收购项目开发权和自建的方式拥有了澳大利亚、美国几个风电场，利用投资带动销售，打开澳大利亚、美国市场，以澳大利亚、美国作为开拓海外市场的据点。之后，公司通过本土化建立子公司，积极参与项目招标，风电机组已出口至美国、巴拿马、澳大利亚、巴西、阿根廷等多个国家。根据 CWEA，2017 年金风科技风电机组出口量占全国出口量约 62%，出口风机为 1500kW 和 2500kW 型，主要销往地为美国。

表 35：金风科技 2017 年机组出口情况（单位：kW、MW）

制造商	功率/kW	出口国家	已发运台数	容量/MW
金风科技	1500	巴基斯坦	66	99
		美国	20	30
		土耳其	7	10.5
	2500	澳大利亚	30	75
		菲律宾	16	40

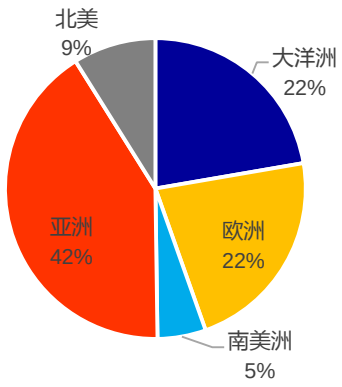
美国	51	127.5
智利	7	17.5

资料来源：CWEA、申万宏源研究

资本实现国际化，助力海外市场开拓。公司 2010 年 10 月 8 日，在香港联交所挂牌上市。随着 H 股的成功上市，金风科技实现了资本国际化的目标，进军国际市场也有了更加雄厚的资本实力。除通过在股票市场进行融资外，公司积极谋求海外本土融资。2017 年 4 月，金风科技通过 Rattlesnake 风电场项目，已经成为第一个在美国生产税减免政策(PTC 政策)下获得税务投资的中资企业。国际银团之所以愿意为一家中国整机商融资，看重的是企业的硬实力以及机组的稳定表现，侧面肯定了金风科技技术水平及公司的综合实力。同时公司利用金风科技投资级的国际评级，更好地使用境外发债等融资渠道。2015 年 7 月，金风科技在海外完成 3 亿美元债券发行，成为中资企业发行的首单绿色债券。2016 年 8 月，国际信用评级机构标普和穆迪两家评级机构分别给予了 BBB-（标普）与 Baa3（穆迪）投资级主体信用评级，且评级展望均为“稳定”，其提供了融资多元化、国际化的条件。

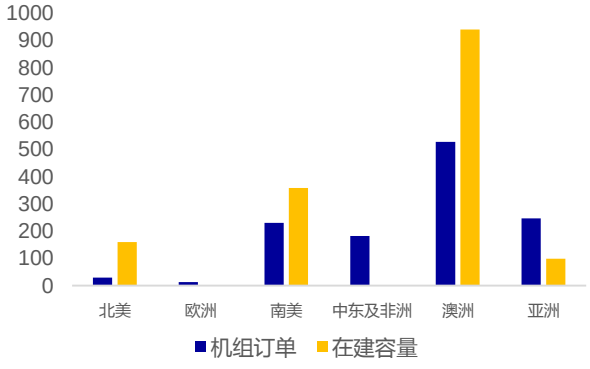
国际市场拓展进入收获期，新兴市场持续突破。2017 年公司海外业务占比达 8.3%，实现营业收入约 20.9 亿元。公司海外市场新增开发及储备项目容量创历史新高，达到 1.2GW，包括澳大利亚 720MW（其中 Stockyard Hill 527.5MW 项目为澳大利亚最大风电项目），美国 160MW 及阿根廷 350MW。国际风电项目已完工风电场装机容量 421MW，权益容量 124.1MW，在建风电项目容量 690MW，权益容量 690MW，在手国际订单 704.5MW，国际业务遍布六大洲，截止到 18Q1 公司海外在建及待开发项目容量合计达到 1827MW。公司海外市场拓展实现了 6 个新兴市场的突破，在乌兹别克斯坦实现了装机并网、土耳其市场完成机组的吊装、签订了哈萨克斯坦援建项目订单、在菲律宾获得首份订单、首次进入阿根廷风电市场开展项目投资、实现了巴西发电机服务业务的新突破。此外，公司在尼日利亚收获智能微网项目订单，这将是非洲大陆首个微网项目；在美国实现了分布式项目的扩容，在销售模式上实现创新。

图 36：2017 年海外各地区业务销售占比（单位：%）



资料来源：金风科技，申万宏源研究

图 37：2017 年国际业务订单和在建容量（单位：MW）



资料来源：金风科技，申万宏源研究

公司全面布局全球风电市场，打造全球风电巨头。目前，公司继续开拓澳大利亚市场，深耕以美国为代表的北美市场；持续推进巴西、智利以及东南亚市场；紧随国家“一带一路”的政策支持，寻找新机遇；此外，欧洲是世界风电的高地，公司选择东欧策略性地切入欧洲市场。公司基本上覆盖了世界上可预期的风电会发展起来的片区，而且都设立了代表处和团队，搭建本地化的发展架构，全面布局全球风电市场，打造全球风电巨头。

4.3 技术具有全球竞争力，海外市场开拓加速

技术合作并收购德国 Vensys 公司，为走向国际市场奠定基础。金风科技一大竞争优势是其技术研发能力，公司 2004 年起和德国 Vensys 公司进行机组联合设计，并于 2008 年收购 Vensys 公司 70%的股权，至此金风科技拥有了风电科研的完整体系。国内绝大部分制造企业是引进技术，受国外设计公司制约较大，公司通过收购摆脱了技术制约，同时为走向国际市场奠定了基础。

750kW 机型出口古巴，实现了海外销售“零”的突破。2009 年，金风科技向古巴出口 6 台 750kW 机组，并提供运维服务。750kW 机组是由金风科技与德国合作伙伴联合设计的，不用于之前的购买许可证方式，联合设计迈出了自主创新的关键一步。该项目是中国第一个成套风力设备出口项目。

依托拥有成熟的直驱永磁技术的 1.5MW 机型，突破美国、非洲等海外市场。2007 年，金风科技 1.5MW 直驱永磁风电机组在达坂城投入运行，标志着金风科技直驱永磁风机正式走向市场。公司在该机型上在不断拓展创新，促成了金风科技海外市场的拓展。2009 年 9 月，金风科技第一批 3 台 1.5MW 风机出口到美国明尼苏达州 UILK 项目，次年 1 月成功并网发电。2011 年 10 月，公司参与美国伊利诺伊州 ShadyOaks 项目，项目总容量 109.5MW，同年 1 月，公司为埃塞俄比亚 Adama 风电场项目提供 34 台 1.5MW 直驱永磁机组，该项目是公司首个非洲项目，并被评为“2011 年度非洲风能项目奖”。项目的成功顺利提高了公司在美国、非洲市场的声誉，在海外市场认可度打开了突破口。

公司借助 GW109/2500、GW121/2500 低风速直驱永磁机组打开泰国市场。GW109/2500、GW121/2500 属于公司 2.5MW 平台两款重点机型，2.5MW 平台市场累计销售超过 3000 台，机组年平均可利用率达到 99.4%，相继获得鉴衡、ETL 认证和 CE 认证，机组性能优越可靠。2012 年 9 月，金风科技带 GW109/2500 进军泰国市场，向泰国首个风电项目 Theppana 风电场项目提供三台以及风电场中央监控系统。2015 年 12 月，泰国 CWF 项目采用 32 台永磁直驱风力发电机组（121-2500-120 米高度柔性塔架机组），是金风首个 120m 柔塔项目，相对同等高度刚性塔架重量减轻 36.84%，成本节约近 40%，标态下发电量提升 12.3%。

结合罗马尼亚特定的风资源和气候环境特点，提供专项开发的 2.55MW 直驱永磁机组，成功进入东欧市场。2013 年 2 月，罗马尼亚 MireasaEnergiesS.R.L.50MW 项目首台机组成功完成吊装，2014 年 12 月 20 台 2.5MW 风机顺利接入罗马尼亚当地电网，标志着首批中国制

造风力发电机组在罗马尼亚成功并网运行。此次成功进入罗马尼亚风电市场，是金风科技践行国家一带一路战略实施的又一重要成果。

2014 年公司海外市场开拓加速，优质的 1.5MW、2.5MW 机组走向世界。2014 年初，金风科技位于澳洲新南威尔士地区的 Gullen Range 风电场首批机组接入澳洲当地电网系统，是澳洲市场首个引入最新 2.5MW 直驱永磁机组的风电项目，含 56 台 2.5MW 机组和 17 台 1.5MW 机组。2014 年 4 月，公司向 InterEnergy 公司提供 86 台 2.5MW 直驱永磁机组，该项目所产生的电力将并入巴拿马国家电网，对促进巴拿马能源结构多元化具有重要意义。这是金风科技在海外项目上收获的最大机组订单。2014 年 11 月，金风科技在巴基斯坦的首个 1.5MW 高温机组项目（33 台风机），一次性通过当地 168 小时试运行，满足当地严格的技术标准，是金风机组高水准性能的体现，为金风科技的高温机组在巴基斯坦这一新兴市场树立了良好的正面形象和口碑。2016 年 8 月，金风科技拿下了巴基斯坦风电二期 99MW 机组订单

2016 年公司携成熟可靠的 2.5MW、3MW 机组发力美国市场。2016 年 5 月，金风科技与美国 Renewable Energy Systems Americas Inc.（RES）签署协议，成功收购后者位于美国德克萨斯州的 Rattlesnake 风电项目。项目总投资约为 2.5 亿美元，规划容量为 160MW，计划安装 64 台金风科技 GW109/2.5MW 永磁直驱风电机组，建成后将成为金风科技在美国的最大风电场项目。同年 11 月，公司与 Viridis 公司签订了排他性意向协议，将为 Viridis Eolia 风电场提供风电机组，装机容量合计 1870MW。项目将采用公司 2.5MW 和 3.0MW 永磁直驱机组，交付周期为 2017-2022 年，同时美国金风还将为项目提供长期运维服务。

公司最新推出的 GW3.0MW(S)直驱永磁机组成功打入澳大利亚市场,进一步开拓澳大利亚市场。2017 年 5 月，金风科技与澳洲大型电力零售商 Origin Energy（Origin）签署协议，成功收购后者在澳洲最大的待建风电项目 StockyardHill，并与 Origin 就该项目签署长期购电协议。StockyardHill 风电项目装机容量为 536.4MW，将采用 GW3.0MW(S)直驱永磁机组，建成后将成为澳大利亚最大的风电场。

2017 年公司继续推进海外业务，积极开拓阿根廷、沙特等新兴市场。公司于 2017 年上半年收购了位于阿根廷的 150MWLomaBlanca1、2、3 期风电项目，该项目为金风科技在阿根廷市场的第一个风电项目。9 月 18 日，项目公司与阿根廷发电商 GenneiaS.A.签署协议，将共同投资建设风电场项目并网所需升压站，标志着项目进入实质性。而早在 2015 年，金风科技就向位于阿根廷巴塔哥尼亚地区的“小天使”200 兆瓦风电项目提供风电机组和运维服务。2017 年 8 月，公司参与沙特再生能源项目首个电网级风电项目—DumatAlJandal400MW 风电项目。该风电项目是沙特国家可再生能源项目的一部分，总的目标是在 2020 年实现 3.45GW 的可再生能源发电装机容量，2030 年达到 9.5GW。

5.盈利预测与估值

维持盈利预测，维持“买入”评级：随着风电度电成本降低，风电发展有望打破行业发展周期性，进入平价上网新时代，公司作为风机制造的领导者，有望继续领跑整个行业。预计公司 18-20 年实现归母净利润 40.54、50.09、64.64 亿元，对应的 EPS 分别为 1.13、1.40、1.81 元/股，当前股价对应 18-20 年的 PE 分别为 16 倍、13 倍和 10 倍，维持“买入”评级。

我们选取风电板块中的通裕重工、泰胜风能、东方电气、天顺风能作为同类可比公司。可比公司 18 年平均估值为 21 倍，综合考虑公司的成长性和安全边际，给予公司 18 年 21 倍 PE。

表 36：可比公司估值（单位：亿元、元/股、倍）

代码	简称	最新收盘价	总市值	EPS（元/股）				PE			
		2018/5/21	（亿元）	17A	18E	19E	20E	17A	18E	19E	20E
300185	通裕重工	2.16	71	0.07	0.09	0.11	0.14	31	25	19	15
300129	泰胜风能	4.97	36	0.21	0.27	0.35	0.44	24	18	14	11
002531	**天顺风能**	**6.33**	**113**	**0.26**	**0.38**	**0.51**	**0.65**	**24**	**16**	**12**	**10**
600875	东方电气	9.18	215	0.29	0.39	0.47	0.55	32	23	20	17
	平均值							28	21	16	13
002202	**金风科技**	**17.52**	**623**	**0.84**	**1.13**	**1.40**	**1.81**	**21**	**16**	**13**	**10**

资料来源：wind，申万宏源研究

表 37：关键假设表（单位：百万元）

单位：百万元	2015	2016	2017	2018E	2019E	2020E
营业收入	**30062**	**26396**	**25129**	**34177**	**44174**	**57221**
风力发电机组收入	26604	21868	18709	25943	32679	41663
风电场开发	1555	2417	3255	3780	5177	6527
风电服务	1287	1249	2061	3091	4637	6956
风机零部件	411	519	736	920	1151	1438
其他	205	343	368	442	530	637
营业成本	**22093**	**18671**	**17530**	**24813**	**32046**	**41679**
风力发电机组收入	20013	16166	13930	20018	25258	32212
风电场开发	583	911	1110	1285	1760	2219
风电服务	1137	1045	1744	2597	3895	5843
风机零部件	325	429	609	736	920	1151
其他	36	120	137	177	212	255

资料来源：wind，申万宏源研究

表 38：利润表（单位：百万元）

	2015	2016	2017	2018E	2019E	2020E
一、营业收入	30,062	26,396	25,129	34,177	44,174	57,221
二、营业总成本	27,351	23,750	23,115	29,985	38,791	50,026
其中：营业成本	22,093	18,671	17,530	24,813	32,046	41,679
营业税金及附加	166	165	161	205	265	343

销售费用	2,757	2,033	1,906	1,709	2,209	2,861
管理费用	1,636	1,910	2,473	2,051	2,430	3,033
财务费用	491	760	786	1,085	1,344	1,574
资产减值损失	208	212	259	122	498	536
加：公允价值变动收益	(22)	24	(16)	0	0	0
投资收益	362	622	1,213	700	700	700
三、营业利润	3,051	3,289	3,509	4,892	6,083	7,895
加：营业外收入	243	287	8	50	50	50
减：营业外支出	47	24	26	35	35	35
四、利润总额	3,247	3,552	3,491	4,907	6,098	7,910
减：所得税	371	446	342	715	918	1,226
五、净利润	2,875	3,106	3,149	4,192	5,180	6,684
少数股东损益	26	103	94	138	171	221
归属于母公司所有者的净利润	2,849	3,003	3,055	4,053.5	5,009.4	6,463.7
六、基本每股收益	1.05	1.08	0.84	1.13	1.40	1.81
全面摊薄每股收益	0.80	0.84	0.86	1.13	1.40	1.81

资料来源：wind，申万宏源研究

表 39：现金流量表（单位：百万元）

百万元	2016	2017	2018E	2019E	2020E
净利润	3,106	3,149	4,192	5,180	6,684
加：折旧摊销减值	1,148	1,396	2,276	3,451	4,289
财务费用	679	818	1,097	1,389	1,647
非经营损失	(782)	(930)	(700)	(700)	(700)
营运资本变动	(1,054)	(1,415)	221	(1,880)	(145)
其它	0	0	0	0	0
经营活动现金流	3,103	3,023	7,086	7,441	11,776
资本开支	5,608	4,901	8,000	8,000	8,000
其它投资现金流	(1,085)	(626)	700	696	703
投资活动现金流	(7,011)	(7,098)	(7,300)	(7,304)	(7,297)
吸收投资	1,547	65	0	0	0
负债净变化	4,560	4,812	3,738	2,414	4,059
支付股利、利息	2,054	1,457	1,809	2,605	3,150
其它融资现金流	(10)	(38)	(2,373)	0	0
融资活动现金流	5,247	3,382	(444)	(191)	909
净现金流	1,385	(780)	(658)	(55)	5,388

资料来源：wind，申万宏源研究

表 40：资产负债表（单位：百万元）

百万元	2016	2017	2018E	2019E	2020E
流动资产	33,097	33,081	39,704	49,650	66,118
现金及等价物	8,300	7,752	7,094	7,044	12,429
应收款项	18,152	18,736	25,329	33,600	42,383
存货净额	3,192	4,083	5,821	7,547	9,846

其他流动资产	908	1,460	1,460	1,460	1,460
长期投资	2,549	3,609	3,609	3,609	3,609
固定资产	19,479	22,838	28,690	33,741	37,992
无形资产及其他资产	9,311	13,243	13,238	13,234	13,229
资产总计	64,437	72,788	85,241	100,234	120,948
流动负债	24,663	29,600	35,347	41,972	53,542
短期借款	2,694	6,047	4,893	2,903	3,000
应付款项	19,025	20,956	29,630	38,244	49,718
其它流动负债	0	0	0	0	0
非流动负债	19,075	19,713	24,605	29,008	32,971
负债合计	43,738	49,313	59,952	70,980	86,513
股本	2,736	3,556	3,556	3,556	3,556
资本公积	9,271	10,548	8,175	8,175	8,175
盈余公积	1,094	1,197	1,334	1,503	1,720
未分配利润	6,579	8,092	11,298	14,922	19,665
少数股东权益	723	788	927	1,098	1,318
股东权益	20,699	23,475	25,290	29,254	34,435
负债和股东权益合计	64,437	72,788	85,241	100,234	120,948

资料来源：wind，申万宏源研究

信息披露

证券分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告,并对本报告的内容和观点负责。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

与公司有关的信息披露

本公司隶属于申万宏源证券有限公司。本公司经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可，资格证书编号为：ZX0065。本公司关联机构在法律许可情况下可能持有或交易本报告提到的投资标的，还可能为或争取为这些标的提供投资银行服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。客户可通过 compliance@swsresearch.com 索取有关披露资料或登录 www.swsresearch.com 信息披露栏目查询从业人员资质情况、静默期安排及其他有关的信息披露。

机构销售团队联系人

上海	陈陶	021-23297221	18930809221	chentao@swsresearch.com
北京	李丹	010-66500610	18930809610	lidan@swsresearch.com
深圳	胡洁云	021-23297247	13916685683	hujy@swsresearch.com

股票投资评级说明

证券的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

买入（Buy）　　：相对强于市场表现 20%以上；

增持（Outperform）　　：相对强于市场表现 5%～20%；

中性（Neutral）　　：相对市场表现在－5%～＋5%之间波动；

减持（Underperform）　　：相对弱于市场表现 5%以下。

行业的投资评级：

以报告日后的 6 个月内，行业相对于市场基准指数的涨跌幅为标准，定义如下：

看好（Overweight）　　：行业超越整体市场表现；

中性（Neutral）　　：行业与整体市场表现基本持平；

看淡（Underweight）　　：行业弱于整体市场表现。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。申银万国使用自己的行业分类体系，如果您对我们的行业分类有兴趣，可以向我们的销售员索取。

本报告采用的基准指数　　：沪深 300 指数

法律声明

本报告仅供上海申银万国证券研究所有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司 http://www.swsresearch.com 网站刊载的完整报告为准，本公司并接受客户的后续问询。本报告首页列示的联系人，除非另有说明，仅作为本公司就本报告与客户的联络人，承担联络工作，不从事任何证券投资咨询服务业务。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。

客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为作出投资决策的惟一因素。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本公司特别提示,本公司不会与任何客户以任何形式分享证券投资收益或分担证券投资损失，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。市场有风险，投资需谨慎。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告作出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告的版权归本公司所有，属于非公开资料。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。